

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2011

Bc. Eliška Bímová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management
Studijní obor: 3106T014 Produktový management - Strojírenství

**STANOVENÍ VYTÍŽENOSTI KONTROLNÍCH
MĚROVÝCH STŘEDISEK
PRO PŘEVODOVKU MQ 200 A MQ 100**

**WORKLOAD SETTING OF CHECKING
DEPARTMENTS FOR GEARBOXES
MQ 200 AND MQ 100**

Bc. Eliška Bímová

KHT-076

Vedoucí diplomové práce: Ing. Miroslav Hejcman

Rozsah práce:

Počet stran textu... 73

Počet obrázků..... 50

Počet tabulek..... 6

Počet stran příloh . 10

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Eliška BÍMOVÁ**
Osobní číslo: **T09000052**
Studijní program: **N3108 Průmyslový management**
Studijní obor: **Produktový management - Strojírenství**
Název tématu: **Stanovení vytíženosti kontrolních měrových středisek pro převodovku MQ 200 A MQ 100**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Charakterizujte typy převodovek MQ200 a MQ100 vyráběných ve firmě Škoda Auto a.s.
- 2) Analyzujte současný stav, metodiku a rozdělení měření
- 3) Na základě praktického měření stanovte optimální rozdělení činností měření
- 4) Zhodnoťte výsledky a přínosy práce

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat Ing. Miroslavu Hejmanovi za vedení této diplomové práce a za jeho cenné rady a připomínky, které mi poskytoval. Dík patří i Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D za konzultace během psaní diplomové práce.

Dále děkuji všem spolupracovníkům na Kontrolním měrovém středisku ozubení ve firmě Škoda Auto a.s.

ANOTACE

Cílem diplomové práce je stanovit vytíženost kontrolních měrových středisek ozubení pro převodovku MQ 200 a nový typ převodovky MQ 100 vyráběných ve firmě Škoda Auto a.s.. Teoretická část představuje oba typy převodovek a zabývá se výrobou ozubených dílů a kontrolou parametrů a úchylek ozubení na měřících centrech firmy Klingelberg. Vlastnosti obsluhy kontrolních měrových středisek jsou dány Teorií front. Praktická část je spojena s vytvářením simulace v programu Microsoft Office Excel 2007, ze které vyplyne požadovaná vytíženost, a budou řešena možná rizika plynoucí z výrobního provozu.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Vytíženost, kontrolní měrové středisko, převodovka, Teorie front.

ANNOTATION

The aim of thesis is to set optimal of of cog wheels for gearbox MQ200 and new type of gearbox MQ100 made in Škoda Auto Inc. Theoretical part presents both of these types of gearboxes and deals with a production of toothed parts, parameters and toothing deviation checking on measuring machines by company Klingelberg. The checking department conditions of attendance are set by Queuing Theory. Practical part is connected with simulation in Microsoft Office Excel 2007 software. From this solution results required workload and could be solved other possible risks in production process.

KEY WORDS:

Workload, checking departments, gearbox, Queuing Theory.

OBSAH

Seznam symbolů a zkratk	7
ÚVOD.....	8
1. VÝROBA PŘEVODOVEK VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s.....	9
1.1 ŠKODA AUTO a.s.....	9
1.2 TYPY PŘEVODOVEK	9
1.2.1 Převodovka MQ 200.....	9
1.1.2 Převodovka MQ100.....	11
1.3 VÝROBA DÍLŮ S OZUBENÍM	11
1.3.1 Materiál.....	12
1.3.2 Obrábění	13
1.3.3 Technologie výroby ozubených kol a hřídelů používané ve Škoda Auto a.s.	13
1.4 KONTROLA DÍLŮ S OZUBENÍM	19
1.4.1 Kontrolní měrové středisko – ozubení	19
1.4.2 Měřicí technika	19
1.4.3 Klingelnberg ZPK 260	21
1.4.4 Klingelnberg P 26.....	22
1.5 PARAMETRY OZUBENÍ.....	23
1.6 TEORIE MĚŘENÍ OZUBENÍ.....	33
2. TEORIE HROMADNÉ OBSLUHY = TEORIE FRONT.....	34
PRAKTICKÁ ČÁST	
3. VÝPOČET TEORIE FRONT.....	43
4. OPTIMÁLNÍ ROZDĚLENÍ ČINNOSTÍ MĚŘENÍ NA KMS OZUBENÍ PRO PŘEVODOVKY MQ 200 A MQ 100	51
4.1 VYTÍŽENOST KMS PRO MQ 200	55
4.2 VYTÍŽENOST KMS PRO MQ 100	61
4.3 RIZIKA	66
ZÁVĚR	71
Použitá literatura	72
Přílohy.....	74

Seznam symbolů a zkratek

CMD – zkouška hlučnosti odvalem

CNC – počítačem řízený stroj

GQD – oblast kvality

GQH – oblast kvality

KMS – Kontrolní měrové středisko

KPO – kontrolní plán operace

MQ 100 – typ převodovky

MQ 200 – typ převodovky

NIO – není v pořádku (z německého Nicht in Ordnung)

SHO – systém hromadné obsluhy

TZ – tepelné zpracování

VAP – Výroba agregátu převodovek

VAT – Výroba agregátu technický servis

ÚVOD

Čekací jevy patří k velmi rozšířeným jevům moderního života. Setkáváme se s nimi všude tam, kde se vyskytují nerovnoměrné požadavky na výkony různých obslužných zařízení nebo organizací. Tato diplomová práce se zabývá odstraněním čekacích jevů, které jsou dány optimálním počtem měřených kusů předaných na kontrolní měrová střediska ozubení pro převodovky typů MQ 200 a MQ 100 vyráběných ve firmě Škoda Auto a.s.

Škoda Auto již řadu let vyrábí převodovky typu MQ 200. V únoru 2011 byla překonána hranice 4 000 000 vyrobených převodovek. Označení MQ 200 v sobě skrývá manuální řazení (M – Manuell), příčné uložení (Q – Quer) a přenos krouticího momentu do 200 Nm. Nově v letošním roce 2011 se zavádí výroba převodovky MQ 100 s přenosem krouticího momentu do 120 Nm. V teoretické části jsou popsány principy obou typů převodovek. V další kapitole je definována výroba ozubených soukolí a technologie používané v závodě Škoda Auto a.s. k vyrobení ozubených dílů převodovky. Nadále je uvedena činnost Kontrolního měrového střediska (KMS) a jeho vybavenost měřicími centry firmy Klingelberg AG, na kterých jsou měřeny požadované parametry a úchyly ozubení. Přesnost těchto parametrů zajišťuje tichý chod a snadné řazení převodových stupňů v automobilech koncernu Volkswagen. Pro popis problému optimálního množství měřených dílů a ostatních vlastností systému obsluhy na Kontrolním měrovém středisku ozubení je zvolena Teorie hromadné obsluhy – tzv. Teorie front.

V praktické části jsou pomocí Teorie front spočítány požadavky na systém hromadné obsluhy a vlastnosti vystihující proces měření KMS. Je uveden přehled všech měřených dílů a údaje plynoucí z výrobního programu. Hlavním úkolem je vytvoření simulace ve formátu Microsoft Office Excel 2007, pomocí kterého je dáno stanovení optimální vytíženosti Kontrolních měrových středisek pro převodovky MQ 200 a MQ 100. Pomocí tohoto programu jsou řešena možná rizika spojená s výrobním procesem.

1. VÝROBA PŘEVODOVEK VE FIRMĚ ŠKODA AUTO a.s.

1.1 ŠKODA AUTO a.s.

Škoda Auto a.s. se sídlem v Mladé Boleslavi je největší výrobce automobilů v České republice. Svým obratem, tržbami a počtem zaměstnanců patří k nejdůležitějším článkům českého hospodářství. Firma je rovněž největší český exportér posledních let. Podnik s více než stoletou tradicí je od roku 1991 součástí koncernu Volkswagen Group. Na obr. 1 je zobrazeno nové logo závodu.

Již řadu let se ve firmě Škoda Auto a.s. vyrábějí převodovky MQ 200. Nově v letošním roce byla zahájena výroba nových typů převodovek MQ 100. Převodovka je jedním z nejdůležitějších článků každého vozidla s ohledem na potřebu absolutní přesnosti a kvality.



Obr. 1 Logo Škoda Auto a.s.

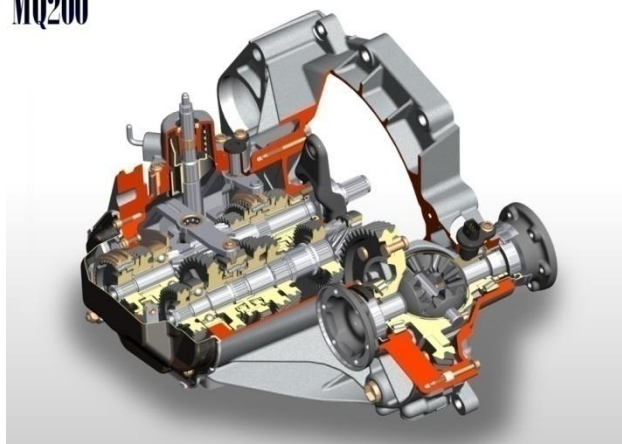
1.2 TYPY PŘEVODOVEK

1.2.1 Převodovka MQ 200

Mechanická převodovka MQ 200 (na obr. 2) je koncipovaná jako příčně uložená převodovka pro vozy s pohonem přední nápravy. MQ 200 se vyznačuje přenosem krouticího momentu do 200 Nm. Při hmotnosti 30 kg je nejlehčí mechanickou převodovkou ve své třídě. Provozní pevnost a nároky na komfort, jako například akustika nebo komfort řazení, byly optimalizovány za pomoci nejmodernější simulační a výpočetní techniky. Při koncepci převodovky MQ 200 byly definovány následující

přednostní vývojové záměry: optimální řazení, optimální účinnost, nízká hmotnost, ekologičnost, nasazení jednotného lanovodu řazení, optimalizovaná struktura pro čelní a přesazený náraz. S MQ 200 se podařilo vyvinout novou extrémně lehkou převodovku. Ozubená kola na hnacím a hnaném hřídeli se šikmým ozubením jsou v trvalém záběru. Kolo zpětného chodu má ozubení s přímými zuby. Řazená kola 1. a 2. rychlostního stupně jsou umístěna na hnaném hřídeli (pastorku), řazená kola 3., 4. a 5. rychlostního stupně jsou montována na hnací hřídel. Při jízdě zpět dojde k zařazení kola zpětného chodu, které je umístěno na samostatném hřídeli, mezi hnací a hnaný hřídel, a tím se změni smysl otáčení hnaného hřídele (pastorku). Všechny dopředné rychlostní stupně jsou synchronizované, rychlostní stupně 1 a 2 mají synchronizaci dvounásobnou, čímž je zajištěno přesné a snadné řazení. Převodovka MQ 200 je nasazována v celém koncernu ve spojení s mnoha motorizacemi od třídy A00 až po třídu A. Jedná se o vozy Škoda, VW, Audi a Seat. Produkční výrobní kapacita je v současné době 2350 převodovek denně. [1,9,10]

MQ200



Obr. 2 Převodovka MQ 200

Technické parametry převodovky MQ200

- 5-ti stupňová příčná převodovka
- manuální řazení
- únosnost krouticího momentu do 200 Nm
- 1. – 5. převodový stupeň synchronizovány
- převodová a spojková skříň ze slitin hliníku
- hmotnost cca 30 kg
- olejová náplň: 2,0^{+0,1} l

1.1.2 Převodovka MQ100

Na podzim letošního roku 2011 odstartuje v Bratislavském závodě výroba nového vozu značky Škoda. Pro nový koncernový model New Small Family (obr. 3) byla navržena nová převodovka MQ 100.



Obr. 3 Model vozu New Small Family

Kompaktnější novinka MQ 100 obsahuje o celou pětinu dílů méně. Hlavní výhodou tak při zabudování do aut přinese její nižší hmotnost. Funkční princip je stejný jako u převodovky MQ 200. Jedná se o převodovku se dvěma hřídeli, s hnacími a hnanými koly s šikmým ozubením a s kolem zpětného chodu s ozubením přímým. Výroba ozubených kol se liší především tepelným zpracováním a obráběním na universálnějších strojích. Produkční kapacita by při plném provozu měla dosahovat jednoho tisíce převodovek denně. [1]

Technické parametry převodovky MQ100

- 5-ti stupňová příčná převodovka řazená manuálně
- únosnost krouticího momentu do 120 Nm
- hmotnost cca 20 kg

1.3 VÝROBA DÍLŮ S OZUBENÍM

Pro díly předávané k měření na kontrolní měrová střediska je třeba znát postup výroby ozubených kol, hnacího i hnaného hřídele. Měření se provádí po jednotlivých

operacích, např. kontrola ozubení po operacích frézování, ševingování, honování a broušení. Výrobních technologií jednotlivých operací je několik. V následující kapitole je uveden úvod do obrábění a technologie výroby používané ve Škodě Auto a.s.

1.3.1 Materiál

Ozubená kola a hřídele se ve firmě Škoda Auto a.s. vyrábějí z oceli 14 220 (16MnCr5) s koncernovým názvem TL 4227 a z oceli 16 220 (16NiCr6) TL 4521. Podrobné chemické složení obou materiálů je uvedeno v tabulkách Tab. 1 a Tab. 2.

Tab. 1 Chemické složení materiálu TL 4227

C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N
0,14	≤ 0,12	1	≤ 0,035	0,02	0,8	0,015	≤ 0,015
-		-		-	-	-	
0,22		1,5		0,035	1,3	0,04	

Tab. 2 Chemické složení materiálu TL 4521

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	O ₂	Ni	Ti	Al	Ca	Cu+10xSn	N
0,15	≤ 0,12	0,5	≤ 0,035	0,025	0,65	0,28	≤ 0,0025	1,5	≤ 0,005	0,015	+	≤ 0,5	≤ 0,015
-		-		-	-	-		-		-			
0,23		0,8		0,035	0,85	0,38		1,9		0,04			

Ocel je vzhledem k výhodným chemickým, fyzikálním, mechanickým a technologickým vlastnostem nejdůležitějším druhem technického železa.

Definice oceli podle ČSN EN 10020 (upravená):

Ocel je soustava prvků, u které hmotnostní podíl železa je větší než u kteréhokoliv jiného prvku a která všeobecně vykazuje méně než 2 hm.% uhlíku a přičemž obsahuje i jiné prvky. [2]

1.3.2 Obrábění

Obrábění je technologický proces, kterým lze vytvářet povrch těles požadovaného tvaru, rozměru a jakosti oddělením částic nebo částí materiálu mechanickými, elektrickými, chemickými a jinými pochody. Metody, kterými dosahujeme větších úběrů materiálu, většinou s nižší kvalitou obrobené plochy (hrubovací operace, obrábění na čisto s běžnými nároky na přesnost a drsnost povrchu) se nazývají výrobní (základní). Pro dosažení vyšší kvality se používají metody dokončovací.

Metody obrábění lze rozdělit do 2 skupin:

- Konvenční metody, mezi které lze zařadit soustružení, frézování, hoblování, obrážení, vrtání, vyvrtávání, protahování, výrobu ozubených kol, broušení a dokončovací operace, jako ševingování a honování.
 - Nekonvenční metody, mezi které se řadí elektroerosivní a elektrochemické obrábění, chemické frézování, obrábění ultrazvukem, svazkem (paprskem) elektronů, obrábění svazkem fotonů (laser), obrábění ionty a jinými metodami.
- [2,3]

1.3.3 Technologie výroby ozubených kol a hřídelů používané ve Škoda Auto a.s.

Soustružení

Soustružení je nejpoužívanější výrobní metoda především pro výrobu rotačních ploch, jež se u součástí vyskytují nejčastěji. Podstata soustružení spočívá v tom, že obrobek upnutý ve sklíčidle nebo mezi hroty vykonává hlavní (řezný) pohyb rotační a nástroj (soustružnický nůž), upnutý v nožové hlavě, vykonává vedlejší pohyb přímočarý (posuv a přísuv). Obráběcím strojem je soustruh. Soustružení ve Škodě Auto a.s. se provádí na karuselových soustruzích EMAG VSC 200 DUO. Každý stroj je samostatné technologické pracoviště, které si díky pickup vřetenu samo zajišťuje manipulaci s obrobkem. Obrobek se pohybuje, nosič nástrojů je pevně umístěn. Hydrostaticky uloženým pracovním vřetenem v ose Z lze opracovávat měkké součásti za vysoké kvality dílů a životnosti nástrojů. Měření je integrovaná součástí konstrukčního základu VSC. Všechny základní skupiny určující přesnost jsou průtokově chlazeny. Tyto stroje

přicházejí nejvíce k využití následně, když na obrobku bezprostředně po prvním upnutí je obráběna na druhé upnutí také zadní strana obrobku. [3,4,6]

Frézování

Frézování je strojní obrábění obrobku zuby obráběcího nástroje – frézy (na obr. 4) otáčejícího se kolem vlastní osy ve frézce. Fréza má na obvodě zuby a je otáčena proti materiálu, tj. je posouvána do záběru. Frézování ozubení pro převodovky MQ se provádí odvalovacím způsobem. Odvalovací fréza na evolventní ozubení je mnohabřitý nástroj, který obrábí evolventní ozubení čelních kol odvalovacím pohybem a výsledným posuvem ve směru zubu. Pro kola se šikmými zuby je třeba pootočení frézy zvětšit o úhel sklonu zubů kola. Břity nástroje jsou vytvořeny drážkami, jež jsou zpravidla kolmé na směr stoupání šneku. Předností odvalovacího frézování je možnost obrábět jednou frézou kola stejného modulu o libovolném počtu zubů. Tímto produktivním způsobem se dosahuje přesnosti kol v 5 až 7 třídě a drsnosti $Ra = 0,8$ až $1,6 \mu m$. [2,3,9]



Obr. 4 Nástroj fréza [1]

Obrážení

Používá se pro výrobu přímého ozubení zpátečky na hnacím hřídeli a pro vložení kola zpětného chodu. Obrážení kotoučovým nožem je založeno na odvalování evolventy nástroje a evolventy, která se vytváří na zubu obrobku. Nástroj je spojitě korigované ozubené kolo stejného modulu jako kolo, které se vyrábí. Spojitou korekcí profilu zubů vzniká geometrie nástroje. Nástroj vytváří při pracovním přímočarém vratném pohybu požadovaný tvar boku zubů kola postupně jako obálku

jednotlivých poloh evolventních boků zubů obrážecího kola. Kotoučový nůž je upnut do smýkadla, které koná vratný pohyb ve směru osy. Nástroj a obrobek se proti sobě vzájemně otáčejí. Obrážení kotoučovým nožem je produktivní způsob výroby, při použití rychloběžných obrážecích strojů může konkurovat i odvalovacímu frézování. Dosahovaná přesnost je v 5 až 6 třídě, drsnost $R_a = 0,8 \text{ } \mu\text{m}$. [3,9]

Válcování drážek

Při příčném válcování se používají kalené ocelové ploché čelisti ve tvaru hřebenu, kterými je vytlačován profil zubových mezer na hnacím a hnaném hřídeli. [3]

Protahování

Používá se pro vnitřní drážkování. Protahovací trny mají přesný tvar zubových mezer odpovídající vyráběnému kolu. Úběr materiálu probíhá současným záběrem několika břitů, každý z nich má určité převýšení oproti předcházejícímu. Převýšení je tloušťkou třísky odebíranou jedním zubem. Počet současně zabírajících zubů je určen délkou obráběné plochy a roztečí mezer mezi břity. Velikost a tvar mezer závisí na objemu a utváření odebírané třísky, tj. na délce protahované plochy, průřezu vrstvy odebírané jedním zubem nástroje, materiálu obrobku a řezných podmínkách. [3]

Ševingování

Ševingování je dokončovací způsob, při kterém se z boků zubů odebírají jemné třísky, a opracovaný bok vykazuje vysokou geometrickou přesnost. Nástrojem je ševingovací kolo (na obr. 5), jehož břity jsou vytvořeny drážkami na bocích zubů. Ševingovací nástroj zabírá s obráběným kolem mimoběžně, což je předpoklad pro vznik řezného pohybu (smyku mezi nástrojem a obrobkem). Ševingovací kolo je hnací, hnané obráběné kolo je brzděno. Pracovní stůl s ševingovacím kolem vykonává příčný pohyb. Při směru pohybu rovnoběžném se směrem osy obrobku se jedná o ševingování podélné. Při tomto způsobu výroby lze provádět též podélnou modifikaci, při níž se bok zubu na obou čelech kola odlehčí. Tato úprava snižuje podstatně hlučnost soukolí a zabraňuje hranovému záběru ozubených kol. Ševingováním zvýšíme přesnost evolventy, ale chyby rozteče a házení se sníží pouze nepatrně. Dosahovaná přesnost je až 6 třída, drsnost $R_a = 0,4 \text{ až } 0,8 \text{ } \mu\text{m}$. Čas ševingování pro kola s modulem 1,25 až 2 mm je ~ 30 sekund. [3,5]



Obr. 5 Nástroj ševingovací kolo [1]

Tepelné zpracování

Tepelné zpracování je proces, při kterém je materiál podroben tepelnému cyklu s tím, že dochází ke změnám vlastností v závislosti na strukturních změnách. Zlepšují se vlastnosti materiálu nebo se získávají nové, např. materiál se stává houževnatější, tvrdší apod. Tím součásti více odolávají opotřebení a prodlužuje se jejich životnost. Podstatou tepelného zpracování je ohřev materiálu na požadovanou teplotu (je různá podle druhu tepelného zpracování a podle druhu materiálu), výdrž na teplotě a různě pomalé nebo naopak různě rychlé ochlazování.

Tepelné zpracování pro díly převodovky MQ200 a MQ100 je odlišné. Tepelné zpracování ocelových dílů pro převodovku MQ200 spočívá v atmosférické cementaci metanem s přídavkem čpavku s následným kalením v oleji a nízkoteplotním popouštěním. Pro ocelové díly převodovky MQ100 se používá moderní vakuová technologie, která je tvořena podtlakovou cementací acetylenem v inertní atmosféře dusíku, kalením v přetlaku helia a nízkoteplotním popouštěním. [2,4,7]

Tryskání

Plastická deformace je vyvolána dopadem sférických částic na upravovaný povrch. Při této metodě částice nemají abrazivní účinek, prakticky neodebírají materiál a úhel dopadu (sklon trysky) je $50^\circ - 80^\circ$. Pracovní tlak nosného média (vzduch – voda) se volí $0,1 - 2 \text{ MPa}$ (rychlost až 60 m.s^{-1}) v závislosti na velikosti elementů, vzdálenosti trysky a požadovaného účinku (drsnost, zpevnění). Používá se různých pracovních tělísek, od kterých se většinou odvozují názvy operací. V tomto případě jsou to ocelové kuličky ($\varnothing = 0,3 - 2 \text{ mm}$) – „kuličkování“. Změna drsnosti závisí na vstupních

hodnotách, např. $R_a = 6,3 \mu\text{m}$ se zlepší na $0,8 \mu\text{m}$, ale $R_a = 0,2 \mu\text{m}$ se zhorší na $0,4 \mu\text{m}$ při stejných podmínkách i materiálu obrobku. Hloubka zpevnění je $0,05 - 0,5 \text{ mm}$, přesnost rozměrů a tvarů je dána předchozí operací, tryskáním se nezlepší. [3]

Rovnění

Rovnění je technologie, která se používá k odstranění nežádoucí deformace, která vznikla buď ve výrobě (především po tepelném zpracování) anebo manipulací. Rovnění tlakem, pod lisem, si lze představit jako „obrácený“ ohyb, při kterém se uvádí křivé části do roviny. Platí zde pravidlo současného působení elastických deformací s plastickými, takže po zrušení vnějších sil se rovnané těleso odpruží, což se projeví zbytkovým zakřivením. [8]

Broušení

Broušení ozubených kol se provádí třemi způsoby: dělicím způsobem tvarovými kotouči, dělicím způsobem s odvalem brousícího kotouče a odvalem brousícího kotouče ve tvaru šneku. Ve Škodě Auto a.s. se používá třetí způsob, tedy broušení odvalem brousícího kotouče ve tvaru šneku (na obr. 6). Tato metoda připomíná odvalovací způsob frézování. Brousící šnek se nastavuje vzhledem k obrobku obdobně jako odvalovací fréza. Šnek má průměr 350 mm , jeho profil se udržuje v požadovaném tvaru diamantovými orovnávači vedenými podle pravítka. Výrobní časy při tomto způsobu broušení jsou mnohem kratší, než u ostatních metod, např. pro kola s $m = 1,5$ až 4 mm s normálním přírůstkem na broušení je čas operace (i s vedlejším časem) na 1 cm délky zubu 5 až 10 s. Dosahovaná je 3 až 5 třída přesnosti. [3]



Obr. 6 Brousící kotouče ve tvaru šneku [1]

Honování

Honování ozubených kol je podobné jako ševingování. Nástrojem je kolo z brusného materiálu (na obr. 7) upevněné v honovací hlavě. Honovací hlava koná rotační pohyb a současně ve směru osy přímočarý vratný pohyb. Při honování se používá řezných kapalin, které mají účinek mazací, chladicí a čistící – odplavovací. Honováním se zlepší geometrický tvar zubů i drsnost jejich povrchu. Honuje se pouze kalené ozubení. [2,3]



Obr. 7 Honovací kolo [1]

1.4 KONTROLA DÍLŮ S OZUBENÍM

1.4.1 Kontrolní měrové středisko – ozubení (KMS)

Kontrolní měrové středisko ozubení je nedílnou a nezbytnou součástí výroby převodovky, zabývající se mimochodem i korekcemi ozubení, které mají významný vliv na hlučnost převodovky. Základním požadavkem pro výkonnou převodovku je nízká hluková emise. U motorových vozidel má zákazník vysoké a stále stoupající požadavky na komfort. Při klesající hladině hluku ve vnitřním prostoru vozidla získává na významu zabránění hlučnosti převodovky. Cílem pracovníků KMS ozubení je zajištění požadované kvality vyráběných dílů převodovky. [10]

KMS MQ 200

Vybavenost: 2x Měřicí centrum KlingelInberg ZPK 260

1x Měřicí centrum KlingelInberg P26

KMS MQ 100

Vybavenost: 2x Měřicí centrum KlingelInberg P26

1.4.2 Měřicí technika

Profil firmy KlingelInberg GmbH

První zmínka o firmě KlingelInberg se datuje od roku 1814, kdy Ferdinand KlingelInberg otevřel obchod se železářským zbožím. Ve třicátých letech minulého století byla zahájena výroba obráběcích strojů v podniku se sídlem v Hückeswagenu (SRN). Dnes se v této tradici úspěšně pokračuje. Vedení firmy převzal v dubnu 2004 Jan KlingelInberg, který patří do již sedmé generace vlastníků firmy.

Firma Klingelnberg GmbH (obr. 8) se dnes orientuje na výrobu universálních a flexibilních ozubárenských strojů pro obrábění a kontrolu ozubení v kusové i sériové výrobě. Ozubení se vyrábí podle patentovaných postupů Klingelnberg a Oerlikon.

Významnou součástí výrobního programu je široké spektrum měřicích zařízení pod značkou Klingelnberg. Jejich výroba probíhá již desítky let. Roku 1997 firma Klingelnberg převzala firmu Höfler a poskytuje servis i pro její kontrolní zařízení.



Obr. 8 Logo firmy Klingelnberg GmbH

Měřicí centra

Měřicí centra se používají k automatické kontrole profilu a sklonu zubů, roztečí, házení a dalších parametrů u čelních kol, obrážecích kotoučových nožů, ševingovacích kol, šneků a šnekových kol, odvalovacích fréz a kuželových kol. Dále lze na centrech měřit i vačky a rotory, jakož i obecné odchylky rozměru, tvaru a polohy na rotačně symetrických obrobcech.

Vedle mechanických součástí měřicího centra - lože, pohonu pro otáčení obrobku, stojanu s opěrnými hroty, horizontální, vertikální a tangenciální měřicí osy a 3D-měřicí sondy s lineárními pohony, zajišťuje funkce stroje 4-osé souvislé CNC-řízení. Lože stroje a pohon otočného stolu jsou pro upínání těžších obrobků konstruovány s dostatečnou rezervou na vysokou nosnost. Ustavování velkých a těžkých obrobků ulehčuje instalované pneumatické zařízení, které nepatrně nadzdvihne otočný stůl stroje a obsluha může vyrovnat obvodové házení obrobku.

Přípravy k provádění měření jsou u těchto strojů velmi jednoduché. Po zadání programu do počítače, kdy se do paměti uloží parametry obrobku, druh měření, způsob vyhodnocení a počáteční vertikální bod měření, je měřicí centrum připraveno ke kontrole ozubení. Po zapnutí stroje se nejprve ověří referenční body jednotlivých měřicích os. Následně proběhne automatická kalibrace měřicího dotyku. Poté lze spustit

automatický cyklus měření (na obr. 9), kdy se v jednom cyklu i s případnou automatickou výměnou dotyků změří všechny požadované jednotlivé odchylky ozubení, jako je profil a sklon zubů, rozteče, házení a míra přes kuličku.

Díky instalaci vysoce přesného a teplotně neutrálního odměřování Zerodur je provedení měřicích center P méně citlivé na změny teploty okolí. Teplotní profil stroje je dále sledován snímači a kompenzace úchylek zohledňuje vliv teploty okolí, stroje a obrobku. [11,13]



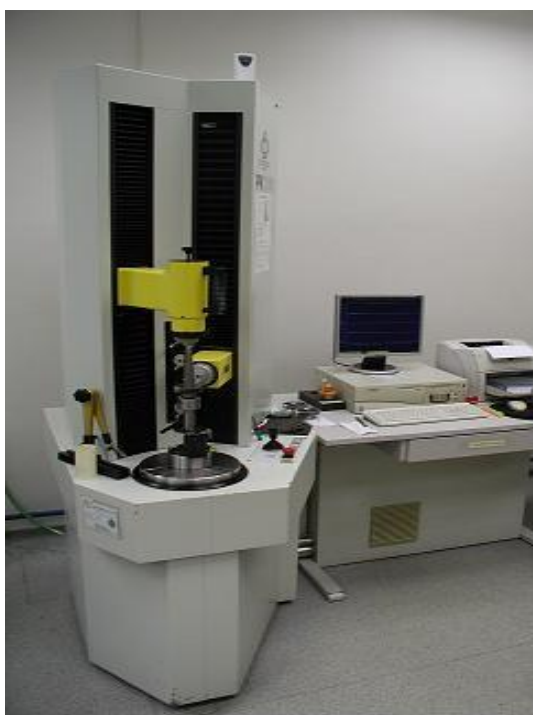
Obr. 9 Měření vnitřního ozubení [1]

1.4.3 Klingelnberg ZPK 260 (obr. 10)

Parametry zařízení:

Hmotnost:	hmotnost měřicího přístroje cca	770 kg
Parametry přístroje:	průměr hrotu stolu	32 mm
	výška hrotu nad stolem	120 mm
	průměr hrotu opěrného ramene	32 mm
	vzdálenost hrotů	min. 5 mm
		max. 600 mm
	výška měření nad stolem	min. 115 mm
	dráha pojezdu osa Z	max. 400 mm

	dráha pojezdu osa Y	150 mm
	průměr stolu	260 mm
Parametry obrobku:	průměr obrobku	min. 5 mm
		max. 260 mm
	hmotnost (zatížení stolu)	100 kg
Čelní kolo:	modul m	min. 0,5 mm
		max. 20 mm
	úhel sklonu β (stupeň)	vnitřní 0 - 45
		vnější 0 – 85



Obr. 10 Měřicí centrum Klingelnberg ZPK 260 [10]

1.4.4 Klingelnberg P 26 (obr. 11)

Parametry zařízení:

Modul m (vztažený k čelnímu kolu)	0,5 – 12 mm
Vertikální rozsah měření (osa Z)	max. 400 mm

Horizontální rozsah měření (osa X)	± 75 mm
Úhel sklonu nebo úhel stoupání	0 – 90°
Rozsah upínání	15 – 600 mm
Dovolená hmotnost kontrolovaného kola	max. 80 kg
Hmotnost přístroje, včetně ovládací skříňky	1200 kg



Obr. 11 Měřicí centrum Klingelnberg P 26 [12]

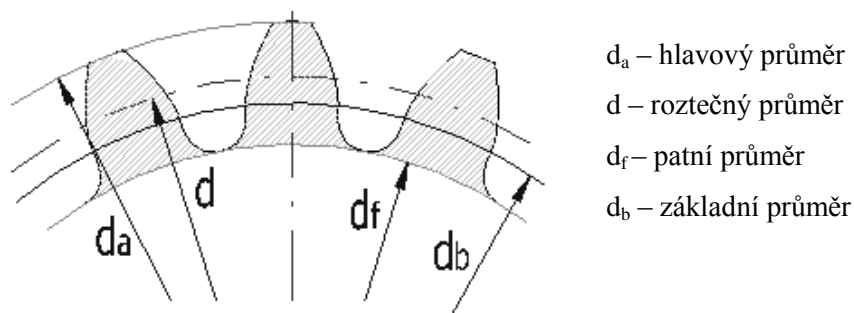
1.5 PARAMETRY OZUBENÍ

V následující kapitole jsou vysvětleny parametry pro znázornění charakteristických veličin úchylek ozubení, které jsou měřeny na měřicích centrech firmy Klingelnberg AG. Správnost těchto parametrů zajišťuje tichý a snadný chod ozubeného soukolí. [14]

Průměr hlavové kružnice D_a a průměr patní kružnice D_f

Hlavová kružnice D_a (obr. 12) zobrazuje kružnici opsanou hlavám zubů (vně u vnějšího ozubení, uvnitř u vnitřního ozubení).

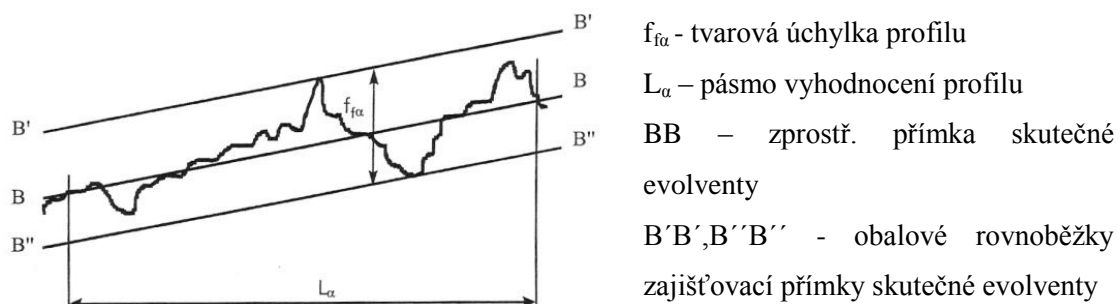
Průměr patní kružnice D_f (obr. 12) omezuje paty zubových mezer.



Obr. 12 Hlavová a patní kružnice

Tvarová úchylka profilu f_{fa}

Tvarová úchylka profilu f_{fa} boku zubu (obr. 13) představuje vzdálenost mezi evolventami skutečné základní kružnice, které – se zohledněním chtěných úchylek tvaru evolvent – v kontrolním rozsahu profilu dotykově svírají skutečný profil. Tvarová úchylka profilu zahrnuje i hloubku vln vlnitosti profilu.



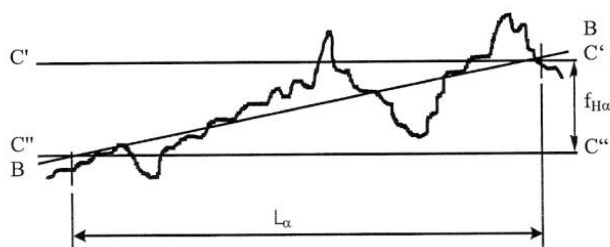
Obr. 13 Tvarová úchylka profilu f_{fa}

Úhlová úchylka profilu f_{Ha}

Úhlová úchylka profilu f_{Ha} (obr. 14) představuje vzdálenost mezi oběma jmenovitými profily $C'C'$ a $C''C''$, které protínají na začátečním, popř. koncovém bodě pásma vyhodnocení profilu výstředný profil, tzn. jmenovitý profil změněný o jednu

komponentu sklonu. Úhlová úchylka profilu $f_{H\alpha}$ se zpravidla uvádí jako délkový rozměr v μm , přiřazený ke kontrolnímu rozsahu profilu L_α .

Úhlová úchylka profilu $f_{H\alpha}$ je kladná, pokud stoupá evolventa skutečné základní kružnice směrem vzestupných valivých délek proti jmenovitému profilu ke straně materiálu. Záporná je, pokud klesá evolventa skutečné základní kružnice směrem vzestupných valivých délek ke straně s materiálem.

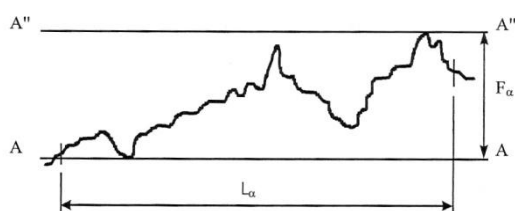


Obr. 14. Úhlová úchylka profilu $f_{H\alpha}$

$f_{H\alpha}$ - úhlová úchylka profilu
 L_α - pásmo vyhodnocení profilu
 BB - zprostř. přímka skutečné evolventy
 C'C', C''C'' - jmenovité profily, které protínají sklony na začátečním, popř. koncovém bodě rozsahu

Celková úchylka profilu F_α

Celková úchylka profilu F_α boku zubu (obr. 15) představuje vzdálenost mezi oběma jmenovitými profily AA a A'A'', které v pásmu vyhodnocení profilu dotykově svírají bok zubu. Chtěné úchylky tvaru evolventy se zohledňují odpovídajícími úchylkami čar AA a A'A' od přímek.



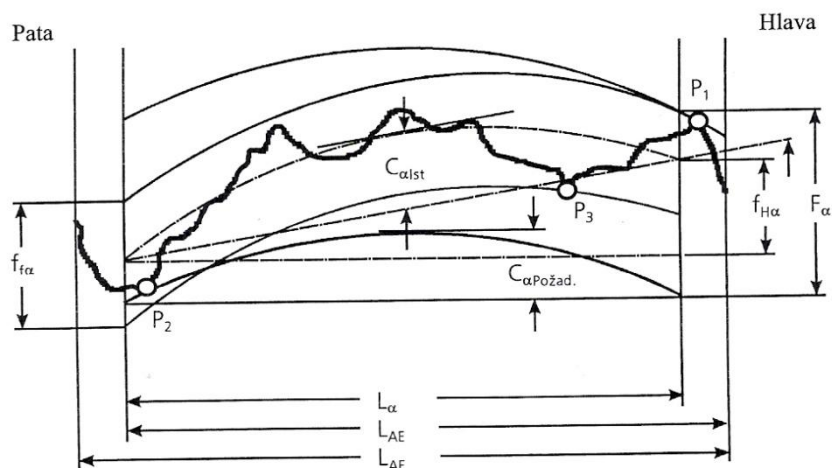
Obr. 15 Celková úchylka profilu F_α

F_α - Celková úchylka profilu
 L_α - pásmo vyhodnocení profilu
 AA, A'A'' - jmenovité profily, které obalují skutečný bok

Výšková soudkovitost C_α

U profilu lze předem zadat určitý tvar průběhu, tzv. výškovou soudkovitost C_α . Může být kladná nebo záporná. Na obr. 16 je znázorněno, jak se zjišťují hodnoty pro F_α ,

$f_{H\alpha}$ a $f_{f\alpha}$ s přihlédnutím na předepsanou soudkovitost $C_{\alpha Požad.}$ z kontrolního obrázku profilu. Pro vyhodnocení se vypočítá v pásmu vyhodnocení regresní parabola. Spojením průsečíků paraboly s obrysovými čarami pásma vyhodnocení vznikne tětiva. Vzdálenost rovnoběžky k tětivě, která se dotýká regresní paraboly, představuje výškovou soudkovitost C_{α} a musí být určena ve směru osy Y.



Obr. 16 Výšková soudkovitost C_{α}

L_{α} – pásmo vyhodnocení profilu

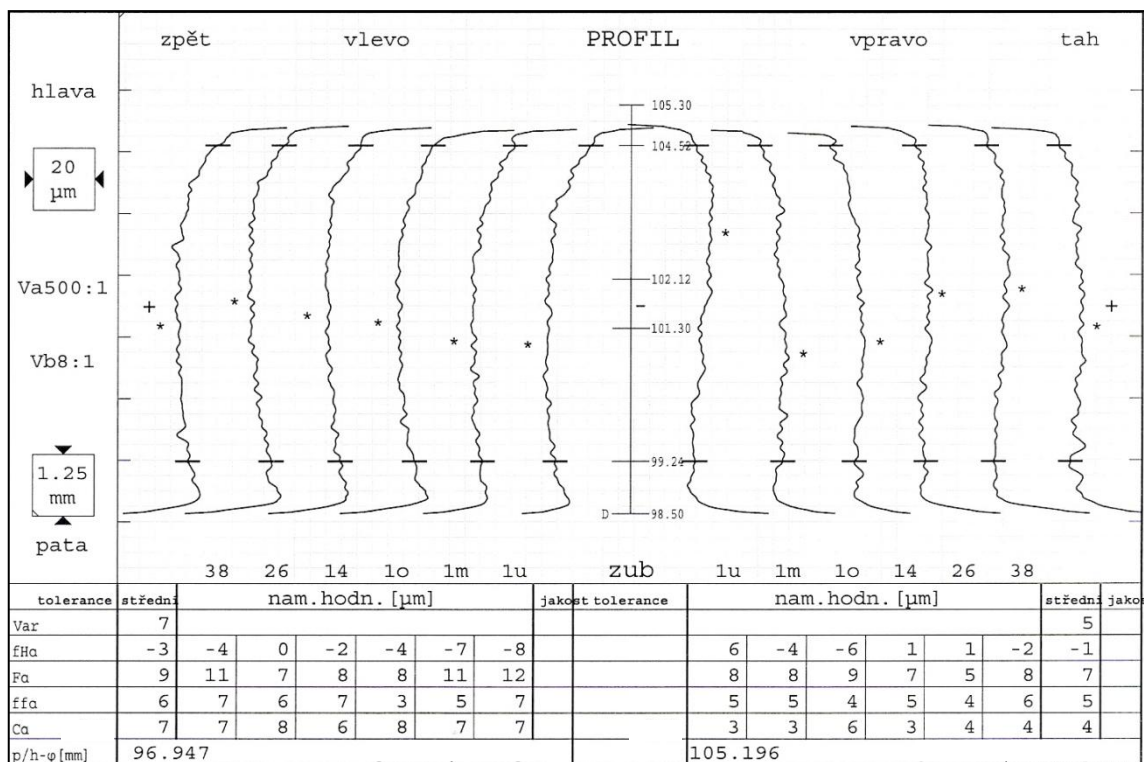
L_{AE} – pásmo vyhodnocení profilu, včetně pásma hlavy

L_{AF} – rozsah měření profilu (pásmo profilu zubu, ve kterém se snímají měřené hodnoty)

P_1, P_2 – nejvyšší, popř. nejnižší bod, na který se vždy obalová požadovaná parabola přikládá z obou stran (rozhodující pro velikost celkové úchyly F_{α})

P_1, P_3 – nejvyšší, popř. nejnižší bod, na který se vždy obalová požadovaná parabola přikládá z obou stran (rozhodující pro velikost celkové úchyly $f_{f\alpha}$)

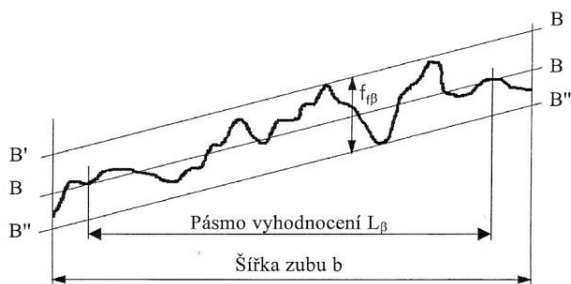
Naměřené úchyly profilu boku zubu jsou vyobrazeny v části protokolu na obr. 17.



Obr. 17 Ukázka protokolu z naměřených úchylek profilu boku zubu [1]

Tvarová úchylka sklonu f_{β}

Tvarová úchylka sklonu f_{β} (obr. 18) boku zubu je vzdálenost mezi oběma šroubovicemi se skutečnou výškou stoupání, která – při zohlednění chtěných úchylek od tvaru šroubovice – dotykově svírá skutečný sklon v pásmu vyhodnocení sklonu. Tvarová úchylka sklonu zahrnuje i hloubku vln sklonové vlnitosti.



f_{β} - tvarová úchylka sklonu

L_{β} – pásmo vyhodnocení sklonu

b – šířka zubu

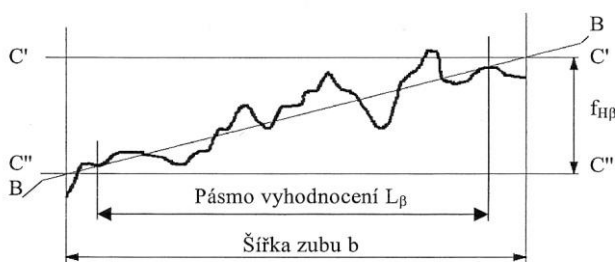
BB – zprostř. přímka skutečného sklonu

$B'B'$, $B''B''$ - obalové rovnoběžky (jmenovité sklon) zprostř. přímky skutečného sklonu

Obr. 18 Tvarová úchylka sklonu f_{β}

Úhlová úchylka sklonu $f_{H\beta}$

Úhlová úchylka sklonu $f_{H\beta}$ (obr. 19) představuje stávající vzdálenost v čelní rovině řezu mezi oběma jmenovitými sklony, které protínají na začátečním, popř. koncovém bodě pásma vyhodnocení šroubovici se skutečnou výškou stoupání. Zpravidla se uvádí jako délkový rozměr v μm , přiřazený kontrolnímu rozsahu sklonu L_β .

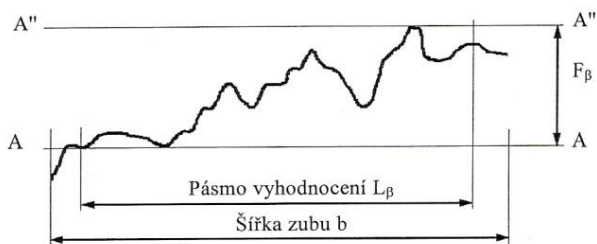


Obr. 19 Úhlová úchylka sklonu $f_{H\beta}$

$f_{H\beta}$ - úhlová úchylka sklonu
 L_β - pásmo vyhodnocení sklonu
 b - šířka zubu
 BB - zprostř. skutečný sklon
 $C'C', C''C''$ - jmenovité sklony, které protínají sklony na začátečním, popř. koncovém bodě kontrolního rozsahu

Celková úchylka sklonu F_β

Celková úchylka sklonu F_β boku zubu (obr. 20) je vzdálenost mezi jmenovitými sklony, které svírají bok zubu v pásmu vyhodnocení sklonu. Chtěné úchylky tvaru od šroubovicového tvaru se zohledňují příslušnými úchylkami čar AA a $A'A'$ od přímek.

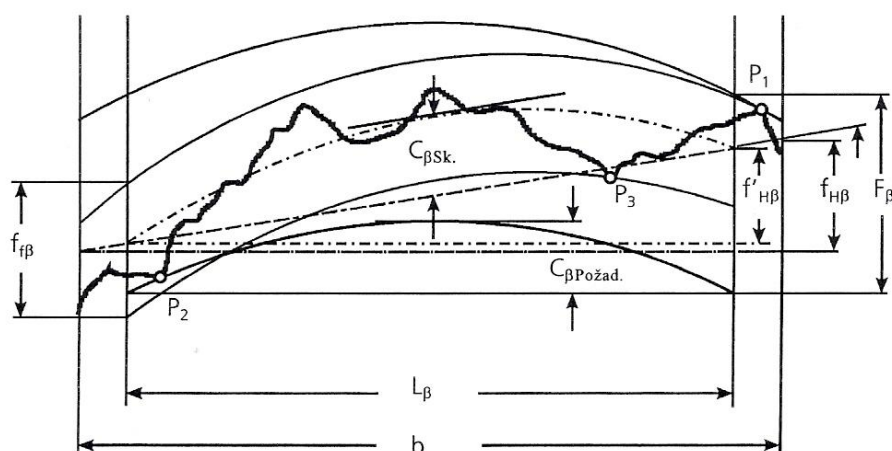


Obr. 20 Celková úchylka sklonu F_β

F_β - celková úchylka sklonu
 L_β - pásmo vyhodnocení sklonu
 b - šířka zubu
 $AA, A'A'$ - jmenovité sklony, které obalují skutečné sklon

Podélná soudkovitost C_β

U sklonu je možné předem zadat určitý tvar průběhu, tzv. podélnou soudkovitost C_β . Může být kladná i záporná. Na obr. 21 je znázorněno, jak se zjišťují hodnoty pro F_β , $f_{H\beta}$ a $f_{f\beta}$ s přihlédnutím na předepsanou soudkovitost $C_{\beta Požad.}$ z kontrolního obrázku sklonu. Je zapotřebí dbát na to, že se soudkovitost C_β musí vztahovat na pásmo vyhodnocení L_β . Určení nejvyššího bodu se provádí přiložením rovnoběžky k ose X na regresní křivku. Pro stanovení $f_{H\beta}$ se musí použít tětíva regresní paraboly, pro $f_{f\beta}$ se použije regresní parabola. Úhlová úchylka sklonu $f_{H\beta}$ vyplývá z hodnoty $f'_{H\beta}$, měřené v pásmu vyhodnocení L_β přepočtením na šířku zubu b .



Obr. 21 Podélná soudkovitost C_β

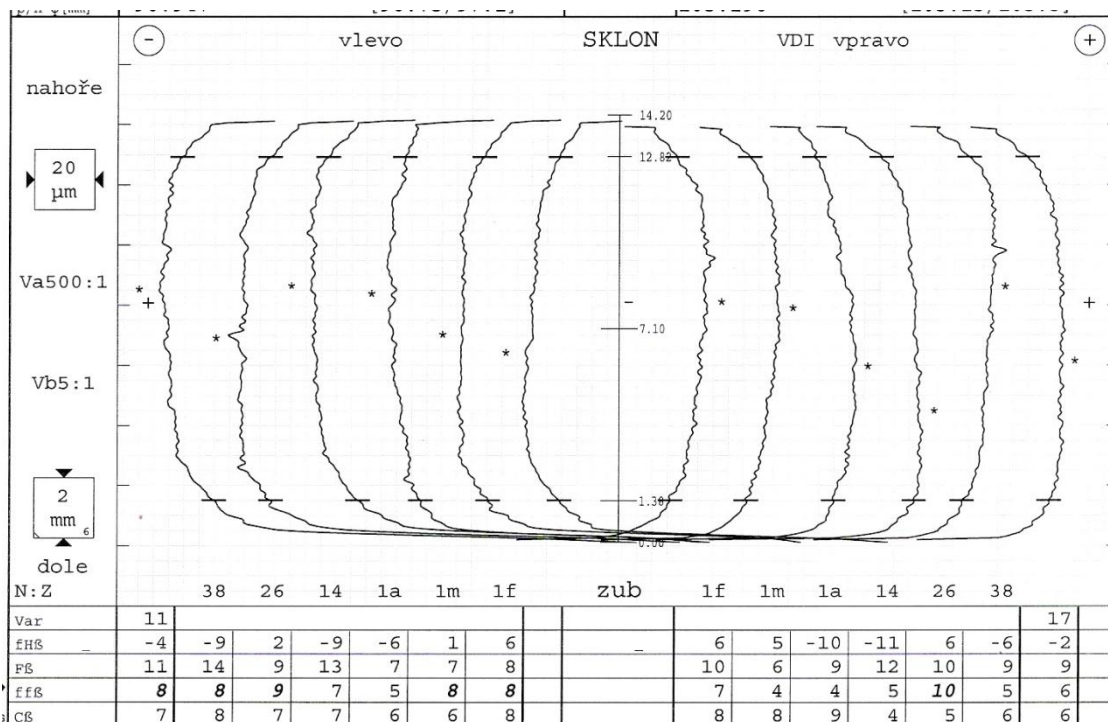
b – šířka zubu

L_β – pásmo vyhodnocení sklonu

P_1 , P_2 – nejvyšší, popř. nejnižší bod, na který se přikládá obalová požadovaná parabola z obou stran (rozhodující pro velikost celkové úchylky sklonu F_β)

P_1 , P_3 – nejvyšší, popř. nejnižší bod, na který se přikládá obalová skutečná parabola z obou stran (rozhodující pro velikost tvarové úchylky sklonu $f_{f\beta}$)

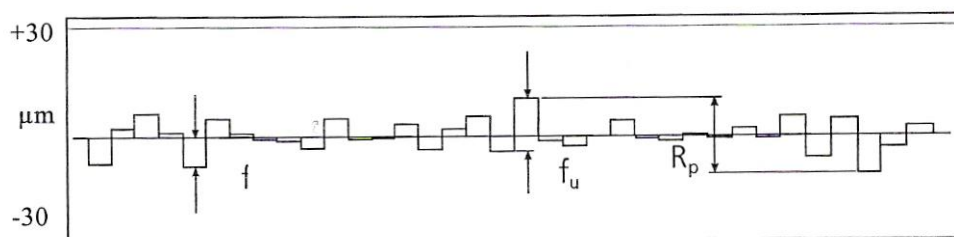
Naměřené úchylky sklonu boku zubu na protokole jsou vyobrazeny na obr. 22.



Obr. 22 Ukázka protokolu z naměřených úchylek profilu boku zubu [1]

Úchylka obvodových roztečí f_p

Úchylka obvodových roztečí f_p (obr. 23) představuje rozdíl mezi skutečným rozměrem jednotlivých čelních roztečí a jmenovitým rozměrem P_t . Na ozubeném kole s n zuby je n úchylka obvodových roztečí pravých boků a stejné množství úchylek levých boků. Úchylky f_p představují rozdíly mezi jednotlivými naměřenými hodnotami a střední hodnotou všech n naměřených hodnot.



Obr. 23 Úchylka obvodových roztečí f_p

Kolísání roztečí R_p

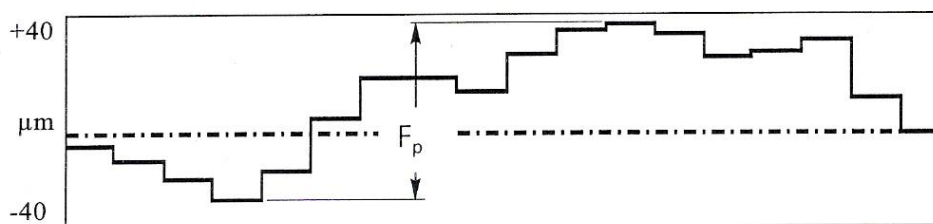
Kolísání roztečí R_p je rozdíl mezi největším a nejmenším skutečným rozměrem čelních roztečí P_t pravých a levých boků ozubeného kola.

Úchylka sousedních roztečí f_u

Úchylka sousedních roztečí f_u je rozdíl mezi skutečným rozměrem dvou čelních roztečí pravých nebo levých boků, které na ozubeném kole na sebe navazují. Úchyly sousedních roztečí představují při měření kruhové stupnice vždy rozdíly dvou naměřených sousedních roztečí.

Součtová úchylka roztečí F_p

Největší celková úchylka roztečí na ozubeném kole se nazývá Součtová úchylka roztečí F_p (obr. 24). Udává se bez znamének a vyplývá ze součtových úchylek roztečí jako rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou.



Obr. 24 Součtová úchylka roztečí F_p

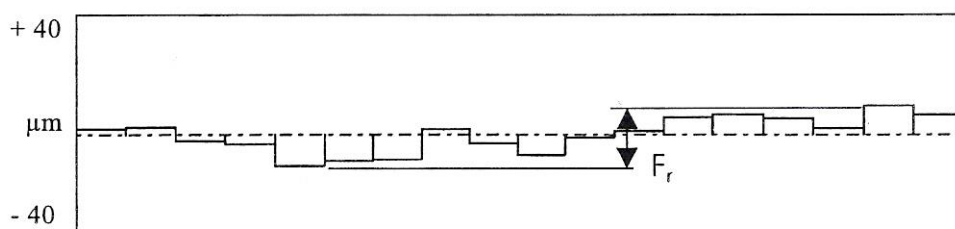
Součtová úchylka roztečí k zubu $F_{pz/8}$

Součtová úchylka roztečí k zubu $F_{pz/8}$ je největší úchylka skutečného rozměru rozpětí rozteče přes $z/8$ obvodové rozteče od jejich jmenovitého rozměru.

Úchylka obvodového házení F_r

Úchylka obvodového házení F_r (obr. 25) ozubeného kola je maximálním radiálním rozdílem polohy měřicího dílu (kulička, válec nebo měrný klín), vloženého postupně do všech mezer zubů. Ozubené kolo je přitom ve své vodící ose otočně

uložené. Pomocí F_r se označuje největší rozdíl mezi hodnotami, které byly na obvodu kola naměřeny.

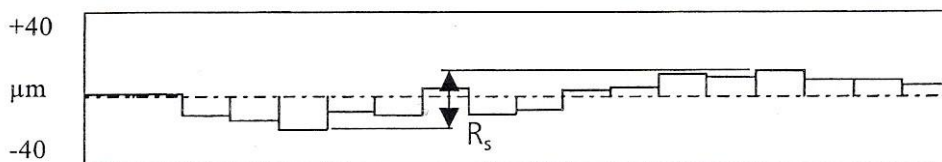


Obr. 25 Úchylka obvodového házení F_r

Úchylka obvodového házení F_r je způsobena především výstředností (excentricitou) ozubení na měřené rovině, která je ve svislé poloze k ose kola a dále nerovnoměrností vzdáleností mezer z důsledků úchylek roztečí pravých a levých boků.

Kolísání tloušťky zubu R_s

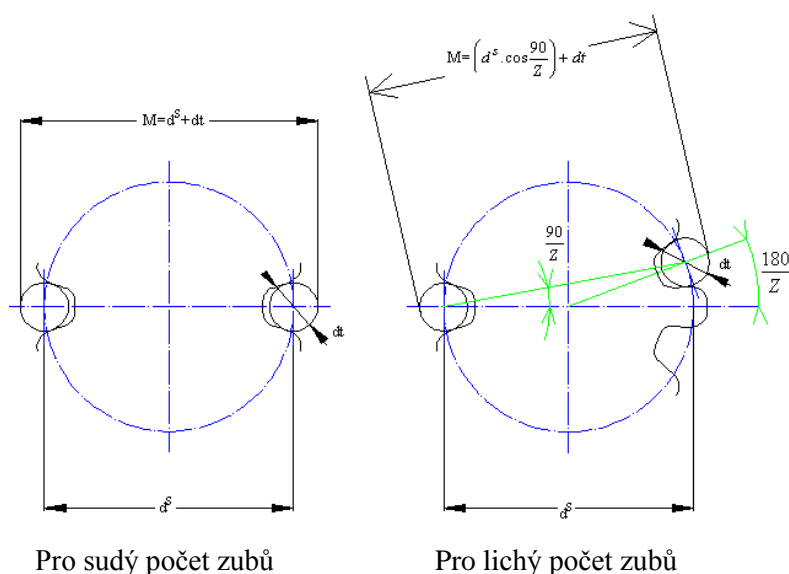
Kolísání tloušťky zubu R_s (obr. 26) představuje rozdíl mezi největší a nejmenší tloušťkou zubu ozubeného kola.



Obr. 26 Kolísání tloušťky zubu R_s

Rozměr přes kuličky M_{dk}

Rozměr přes kuličky M_{dk} (obr. 27) představuje průměr přes dvě kuličky daného průměru vložených do protilehlých zubových mezer v tangenciální rovině ozubení. Specifikuje velikost (tloušťku) zubu, resp. zubové mezery.



Obr. 27 Rozměr přes kuličky M_{dK}

1.6 TEORIE MĚŘENÍ OZUBENÍ

Kontrolní měrové středisko ozubení na základě měření parametrů uvedených v předchozí kapitole č. 1.5 na měřicí technice firmy Klingelnberg (viz kapitoly č. 1.4.3 a 1.4.4) uvolňuje a řídí výrobu jednotlivých dílů po daných výrobních operacích.

Předávání kusů z dílny k proměření na kontrolní měrové středisko je prováděno dle intervalů v kontrolních plánech operací. Kromě KPO se měří ještě další měření (viz kapitola 4), např. výměny nástrojů, přeseřzení z typu na typ atd. Vzhledem k současnému systému předávání dílů, může být kusů k měření na KMS příliš mnoho najednou. Kontroloři KMS jsou limitováni kapacitou měřicích strojů a to znamená, že doba než bude díl změřen, se prodlouží. Pracovníci na dílně tak vyrábějí buď na riziko, nebo musí výrobní stroj zastavit a čekat na výsledky měření. Na KMS se vytváří „fronta“ dílů, předávaných k proměření. Proto ke stanovení vytiženosti je použita následující metoda Teorie hromadné obsluhy, tzv. Teorie front. Teorie hromadné obsluhy se zabývá studiem systémů, ve kterých dochází k procesům obsluhy mezi pracovníky na dílně (zákazníky) a obsluhujícími centry – kanály obsluhy.

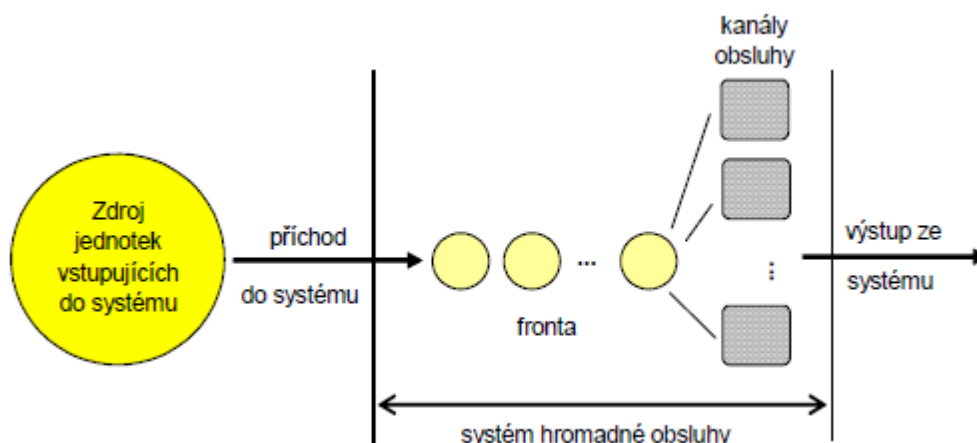
Cílem teorie hromadné obsluhy je poznání zákonitostí, podle kterých systém funguje. Činnost systému posuzujeme ze dvou hledisek. Z hlediska zákazníka

(pracovník na dílně), který se zajímá zejména o dobu strávenou čekáním ve frontě a z hlediska obsluhy (KMS), pro kterou je důležité, jak jsou kanály vytížené, jak je využita jejich pracovní doba a jak velké jsou jejich prostoje, jaké jsou případné náklady na zvýšení počtu kanálů obsluhy nebo prodloužení pracovní doby (se zohledněním fixních a variabilních nákladů).

2. TEORIE HROMADNÉ OBSLUHY = TEORIE FRONT

Teorii hromadné obsluhy lze charakterizovat jako disciplínu, která analyzuje a řeší procesy, ve kterých se vyskytují proudy jednotek (požadavků) procházejících určitými zařízeními, od nichž vyžadují obsluhu. Vlivem omezené kapacity obsluhy může docházet k hromadění (čekání) jednotek před obslužnými zařízeními, jinými slovy dochází ke vzniku front. Právě typičnost front pro čekací jevy dala této teorii také alternativní název – teorie front, který se často používá v zahraniční literatuře („Queueing Theory“).

Cílem teorie hromadné obsluhy je zajistit, aby se na jedné straně nevytvářely před obslužnými zařízeními příliš dlouhé fronty a na straně druhé, aby obslužná zařízení byla dostatečně vytížená. Systém hromadné obsluhy (SHO) lze v obecném případě schematicky znázornit obr. 28. Systémem hromadné obsluhy se rozumí všechno, co je mezi příchodem požadavku (např. zákazníka) do systému a jeho odchodem ze systému, tj. jedna či více front čekajících požadavků a obslužná zařízení. Obslužná zařízení se také označují termínem obslužné kanály. Pro systém hromadné obsluhy se používá také alternativní označení čekací systém. [15,16,19]



Obr. 28 Obecná struktura systému hromadné obsluhy

Teoreticky mohou jednotky vstupovat do systému v pravidelných nebo nepravidelných časových intervalech. Stejně tak délka obsluhy jednotlivých jednotek může být konstantní anebo případ od případu různá. Teorie hromadné obsluhy se zabývá především studiem těch případů, kdy jednotky vstupují do systému nepravidelně a kdy délky obsluhy jednotlivých jednotek nejsou stejné. Ve většině případů, s nimiž se lze setkat, způsobuje čekání jednotek na obsluhu náklady, resp. ztráty.

Díličí otázky, které vznikají při řešení konkrétních problémů čekacích jevů, lze formulovat takto:

- Jaký je střední počet jednotek čekajících ve frontě?
- Jaký je střední počet jednotek nacházejících se v systému?
- Jaká je střední doba, kterou jednotka stráví v systému?
- Jaká je střední doba, kterou jednotka ztrácí čekáním ve frontě?
- Jaký je střední počet obsazených kanálů obsluhy?
- Jaký je střední počet nevyužitých kanálů obsluhy?

Je-li podnik schopen nákladově ohodnotit čekání požadavků, prostoje a provoz obslužných kanálů, lze systém optimalizovat s ohledem na jeho nákladovou efektivnost.

V tomto případě se hledají odpovědi na otázky:

- Jaké jsou minimální náklady související s fungováním celého systému za jednotku času?
- Jaký je optimální počet obslužných kanálů vedoucí k dosažení minimálních nákladů?

Vysvětlení základních pojmů:

Čekací jevy se mohou především lišit povahou vstupu jednotek do systému a povahou výstupu jednotek ze systému.

Vstupním proudem se nazývá proces, při němž vznikají požadavky na obsluhující jednotku. Vstupy mohou být:

- determinované,
- náhodné,
- smíšené.

Při **determinovaných vstupech** přicházejí požadavky k místu obsluhy v přesně stanovených a předem známých intervalech (např. výrobky na automatické lince).

Při **náhodném vstupu** není příchod požadavku pravidelný – okamžiky příchodu jsou náhodné veličiny (např. zákazníci v supermarketu). Intervaly mezi příchody jsou v tomto případě popisovány pomocí některého pravděpodobnostního rozdělení. V teorii front se ukazuje, že velmi často se vstupy jednotek řídí Poissonovým rozdělením, které úzce souvisí s rozdělením exponenciálním. Poissonovo rozdělení modeluje počet událostí v čase a exponenciální rozdělení se používá pro modelování doby do výskytu příslušné události, např. počet zákazníků vstupujících do supermarketu za určitý časový interval se modeluje Poissonovým rozdělením, ale dobu od jednoho vstupu ke druhému lze modelovat exponenciálním rozdělením.

Smíšený vstup znamená, že některé požadavky přicházejí k místu obsluhy ve fixním intervalu, a některé jednotky v intervalu proměnlivém (např. u lékaře přicházejí objednaní pacienti v předem známém čase, ostatní pacienti přicházejí náhodně). [16,17,18]

Způsob, který určuje formu přechodu čekajících požadavků z fronty do obsluhy, se nazývá **režim fronty**.

Základními typy jsou:

FIFO (first-in/first-out) - kdo přijde první, je nejdříve obsloužen (např. zákazníci u pokladen),

LIFO (last-in/first-out) - nejdříve je obsloužen ten, kdo přijde poslední (typicky ukládání polotovaru na sebe, např. tabule skla),

PRI (priority, příp. **HVF** – high value first) - podle důležitosti, po uvolnění kanálu obsluhy je vybírán požadavek s nejvyšší prioritou (např. oprava důležitého zařízení),

SIRO (selection in random order) – požadavky jsou obsluhovány v náhodném pořadí (např. cestující při nástupu do autobusu).

Doba trvání obsluhy může být:

- konstantní,
- náhodná.

V prvním případě je doba obsluhy stále stejná, ve druhém případě kolísá. Kolísající doba trvání obsluhy je popisována některým rozdělením pravděpodobnosti. Nejčastěji se opět používá rozdělení exponenciální.

Disciplína fronty může být:

absolutně netrpělivá (požadavek do systému, jehož všechny kanály obsluhy jsou obsazeny, nevstoupí a rezignuje na obsluhu – např. řidič se před obsazeným parkovištěm rozhodne nečekat na uvolnění místa a odjíždí),

bez netrpělivosti (požadavky čekají bez ohledu na čas tak dlouho, dokud není obsluha realizována – řidič čeká, až se na parkovišti uvolní místo),

částečně netrpělivá (požadavek čeká ve frontě po určitou dobu a pak opouští systém, nezačala-li ještě jeho obsluha – řidič čeká na uvolnění parkoviště např. 5 minut a po uplynutí této doby odjede).

Zdrojem jednotek se rozumí pramen potenciálního souboru jednotek, které mohou vstoupit do systému. Jestliže je pevně omezen, jedná se o uzavřený systém, v opačném případě o otevřený systém.

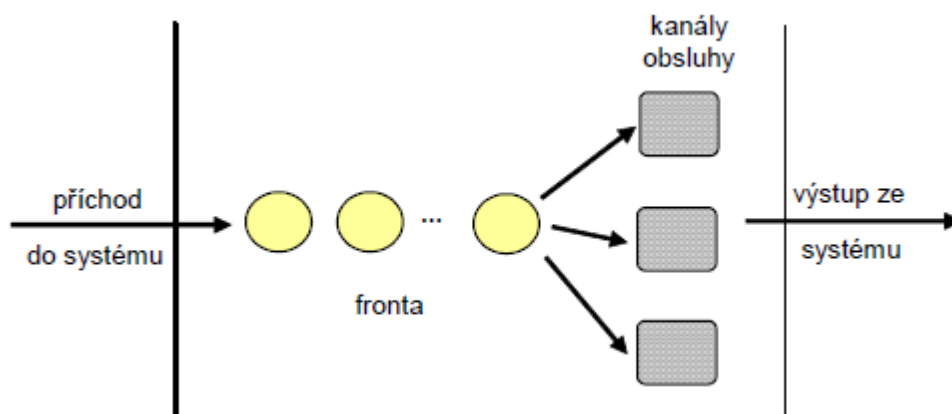
V uzavřeném systému se jednotky po obsloužení vracejí zpět na vstup do zdroje. U otevřeného systému se jednotky po obsloužení nevracejí zpět do zdroje.

Čekací prostor je místo mezi zdrojem jednotek a obslužnými kanály. V tomto prostoru se vytváří fronta. Prostor může být:

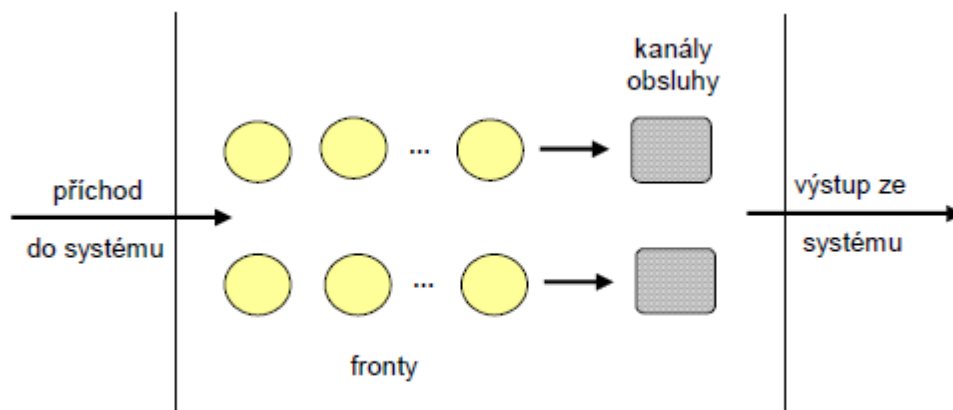
- nulový,
- nenulový (lze ještě upřesnit: nenulový a neomezený, nenulový a omezený).

V prvním případě fronta vůbec nemůže vzniknout. Požadavek, který nemůže být ihned obsloužen, je odmítnut. Je-li čekací prostor nenulový a neomezený, pak provozní situace dovoluje frontu jakékoliv délky. V případě, že je čekací prostor nenulový a omezený (v praxi nejčastější případ), pak vstoupí-li požadavek v době, kdy má systém maximální přípustnou délku, je odmítnut (např. zásoba polotovaru čekající na další zpracování je omezena kapacitou meziskladu). Podle počtu kanálu ve stanici obsluhy jsou rozlišovány systémy **jednokanálové** a **vícekanálové**. Dále mohou být kanály uspořádány:

Paralelně - pak stačí, aby požadavek byl obsloužen jedním, libovolným kanálem obsluhy, např. pokladny v supermarketu. Fronta může být společná pro všechny kanály obsluhy (obr. 29) a požadavek přichází vždy ke kanálu, který se právě uvolní (např. situace v bance) nebo se před každým kanálem obsluhy může tvořit samostatná fronta (např. pokladny v supermarketu, viz obr. 30).

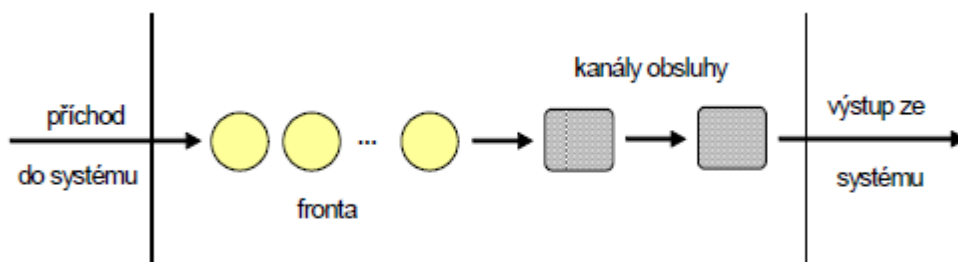


Obr. 29 Paralelně uspořádaný tříkanálový systém hromadné obsluhy s jednou frontou



Obr. 30 Paralelně uspořádaný dvoukanálový systém hromadné obsluhy s dvěma frontami

Sériově - pak požadavek musí projít postupně všemi kanály obsluhy, např. výrobní linka (viz obr. 31). U sériového uspořádání se může fronta vytvářet před prvním kanálem obsluhy nebo fronty mohou být i před každým kanálem obsluhy.



Obr. 31 Sériově uspořádaný systém hromadné obsluhy s dvěma kanály obsluhy

V praxi se může vyskytnout i kombinace obou typů, pak se hovoří o **smíšeném uspořádání** (např. v rámci výrobní linky skupina stejných strojů na jednom pracovišti). [16,18]

Klasifikace systému hromadné obsluhy

Vzhledem k rozmanitosti systému hromadné obsluhy byla vypracována D. G. Kendalllem úsporná notace (systém zápisu), která kompaktně zachycuje a klasifikuje standardní typy modelu hromadné obsluhy. Obsahuje zpravidla posloupnost pěti znaku

(v literatuře se lze setkat i s užší, pouze tříznakovou, nebo i se širší šestiznakovou notací).

Kendallova notace:

$A / B / X / Y / Z$ kde:

A - označuje typ pravděpodobnostního rozdělení popisující intervaly mezi příchody požadavku do systému. Pro exponenciální rozdělení (Poissonův proces vstupu) je používán symbol M , pro konstantní intervaly mezi příchody symbol D , pro Erlangovo rozdělení symbol E_k , pro normální rozdělení symbol N , pro nespecifikované rozdělení s nějakou střední hodnotou a směrodatnou odchylkou symbol G .

B - označuje typ pravděpodobnostního rozdělení popisující dobu trvání obsluhy. Používají se stejné symboly jako při popisu intervalu mezi příchody.

X - je číslo udávající počet paralelně uspořádaných kanálů obsluhy.

Y - je číslo udávající kapacitu systému hromadné obsluhy (počet prvků, které mohou být v systému přítomny) - pokud není tato kapacita omezená, použije se symbol ∞ .

Z - je režim fronty (FIFO, LIFO, SIRO, PRI).

V užší tříznakové notaci se používají pouze symboly $A/B/X$ a předpokládá se, že režim fronty je FIFO a kapacita systému i zdroj požadavku je neomezený. Širší šestiznaková notace přidává před symbol Z další atribut, který udává početnost zdroje požadavku. Není-li tento symbol uveden, předpokládá se, že zdroj požadavku není omezen.

Pokud je v literatuře uveden, např. zápis $M/M/3/8/FIFO$, znamená to systém hromadné obsluhy, ve kterém mají intervaly mezi příchody, stejně jako doby obsluhy na 3 paralelních kanálech exponenciální rozdělení, celková kapacita systému je 8 požadavků (3 v obsluze a 5 ve frontě) a režim fronty je FIFO. Předpokládá se, že zdroj požadavku je neomezený.

1) Jednakanálový systém hromadné obsluhy bez priorit

Představuje nejjednodušší model systému hromadné obsluhy typu $M/M/1/\infty/FIFO$. Předpokládá se, že vstupy i výstupy mají pravděpodobnostní charakter s Poissonovým rozdělením.

2) Vícekanálový systém hromadné obsluhy

Stanice obsluhy sestává z několika kanálů obsluhy, pracujících paralelně a navzájem nezávisle. Vstupy i výstupy systému mají Poissonovský charakter. Dle Kendallovy klasifikace se jedná o systém typu $M/M/S/\infty/FIFO$, kde symbol S značí počet kanálů obsluhy. Jednotky vstupující do systému obsadí nejprve všechny kanály obsluhy a pak začnou vytvářet frontu. Pro určitost se předpokládá, že stanice obsluhy obsahuje S kanálů obsluhy se stejným středním výkonem μ obsloužených jednotek za jednotku času. Úhrnná intenzita obsluhy μ_n celé stanice obsluhy pak závisí na počtu n jednotek v systému.

3) Vícefázový systém hromadné obsluhy

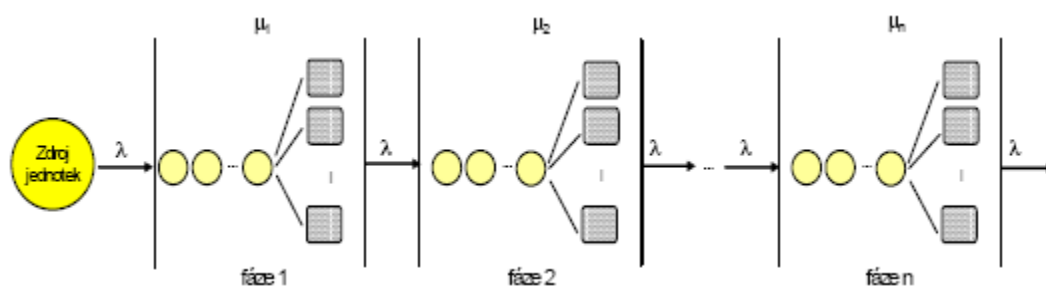
Vícefázový systém hromadné obsluhy se skládá z většího počtu individuálních systémů hromadné obsluhy (fází) seřazených v sérii za sebou. Každá fáze může přitom obsahovat více paralelně umístěných kanálů obsluhy. V zásadě existují dva základní přístupy k řešení takového systému - analytický a simulace. Při analytickém řešení pomocí teorie hromadné obsluhy se popisuje chování systému funkčními vztahy, které lze vyjádřit pomocí matematických vzorců. Řešení konkrétního problému lze získat tak, že do tohoto vzorce se dosadí hodnoty parametru systému. Bohužel analytické řešení lze použít pouze u jednoduchých modelů, neboť u složitých systémů hromadné obsluhy lze jen stěží nalézt obecně platné funkční vztahy. V takovém případě je nutné řešit daný problém pomocí simulace.

Při **analytickém řešení** musí být splněny následující předpoklady:

- neomezený zdroj požadavku,
- Poissonův vstup požadavku do první fáze,
- neomezená délka front v jednotlivých fázích,
- systém je stabilní, tj. střední intenzita vstupu musí být větší než střední intenzita obsluhy,

- režim fronty FIFO,
- exponenciální rozdělení času obsluhy v jednotlivých fázích,
- kanály obsluhy se stejnou intenzitou obsluhy v rámci jedné fáze,
- systém bez blokování - požadavky plynule přechází z jedné fáze do druhé.

Při dodržení výše uvedených podmínek je výstup z každé fáze rovněž Poissonův se stejnou intenzitou vstupu do další fáze, což umožňuje každou fázi chápat jako samostatný a nezávislý systém hromadné obsluhy, buď typu $M/M/1/\infty/FIFO$ (v případě jednoho kanálu obsluhy) nebo typu $M/M/S/\infty/FIFO$ (v případě více kanálů obsluhy v dané fázi). Schematicky zobrazuje uvedený vícefázový systém obr. 32. [16,17,18]



Obr. 32 Vícefázový systém hromadné obsluhy

PRAKTICKÁ ČÁST

Cílem diplomové práce je stanovit optimální vytiženosti Kontrolních měrových středisek pro převodovku MQ200 a novou převodovku MQ100. Zvolenou metodou je Teorie front s výpočty ukazující vlastnosti systému hromadné obsluhy na KMS.

Stanovení optimální vytiženosti spočívá v předávání dílů s ozubením na pracoviště KMS. Obsluha výrobního stroje předává svůj díl na měrové středisko dle Kontrolních plánů operací, kde je dán pravidelný interval měření, např. 1x za směnu, 2x za směnu, 1x týdně apod. Vytvořením systému v programu Microsoft Office Excel 2007 je dána přesná doba, v kolik hodin mají být jednotlivé díly předány na KMS, aby se nevytvářela „fronta“ dílů a pracovník u výrobního stroje nemusel čekat na výsledek měření déle, než je nutné. Jako doposud se stávalo, že na začátku směny v 6:00 bylo na KMS příliš mnoho dílů a v jiný čas, např. 9:00 nebyl k měření žádný díl. KMS bylo nerovnoměrně vytižené. Tato práce stanoví optimální rozdělení činností měření a rovnoměrné vytižení měrových středisek ozubení. Součástí práce jsou možná rizika spojená s chodem obou měrových středisek.

3. VÝPOČET TEORIE FRONT - vícekanálový systém hromadné obsluhy

Stanice obsluhy sestává ze tří kanálů obsluhy, pracujících paralelně a nezávisle na sobě. Vstupy i výstupy mají poissonovský charakter. Kapacita systému hromadné obsluhy není omezená a režim fronty je FIFO. Dle Kendallové klasifikace se jedná o systém typu M/M/3/∞/FIFO.

Jednotky vstupující do systému obsadí nejprve všechny kanály obsluhy a pak začnou vytvářet frontu. [16,17]

Úhrnná intenzita obsluhy μ_n celé stanice závisí na počtu n jednotek v systému a lze ji vyjádřit výrazem

$$\mu_n = S\mu, \text{ je-li } n > S \quad (3.1)$$

Pro stabilizaci systému musí platit podmínka, aby úhrnná intenzita obsluhy $S\mu$ byla vyšší než střední intenzita vstupů λ , neboli aby střední intenzita provozu celého systému ρ (3.2) byla menší než 1. V opačném případě by fronta rostla neomezeně.

$$\rho = \frac{\lambda}{S \cdot \mu} < 1 \quad (3.2)$$

Pro výpočet pravděpodobnosti výskytu počtu jednotek v systému platí následující vztah:

$$P_n = \frac{1}{\frac{\eta^S}{S! \left(1 - \frac{\eta}{S}\right)} + \sum_{n=0}^{S-1} \frac{\eta^n}{n!}} \quad (3.3)$$

$$\text{kde} \quad \eta = \frac{\lambda}{\mu} \quad (3.4)$$

Střední počet jednotek ve frontě se určí podle tohoto vztahu:

$$\overline{n_f} = \frac{\eta^{S+1}}{S * S! \left(1 - \frac{\eta}{S}\right)^2} \cdot P_0 \quad (3.5)$$

Střední počet jednotek v systému se stanoví dle vztahu (3.6), kde za n_f se dosadí výraz ze vzorce (3.5).

$$\overline{n_s} = \overline{n_f} + \eta \quad (3.6)$$

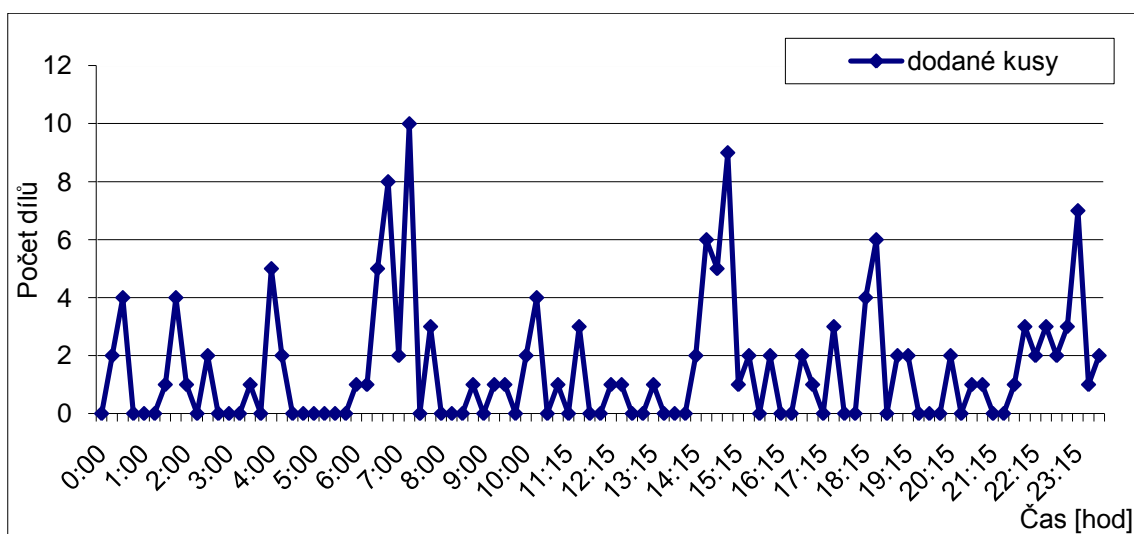
Střední doby ve frontě a v systému se rovnají vztahům:

$$\overline{t_f} = \frac{\overline{n_f}}{\lambda} = \frac{\eta^2}{S * S! \left(1 - \frac{\eta}{S}\right)^2} \cdot P_0 \quad (3.7)$$

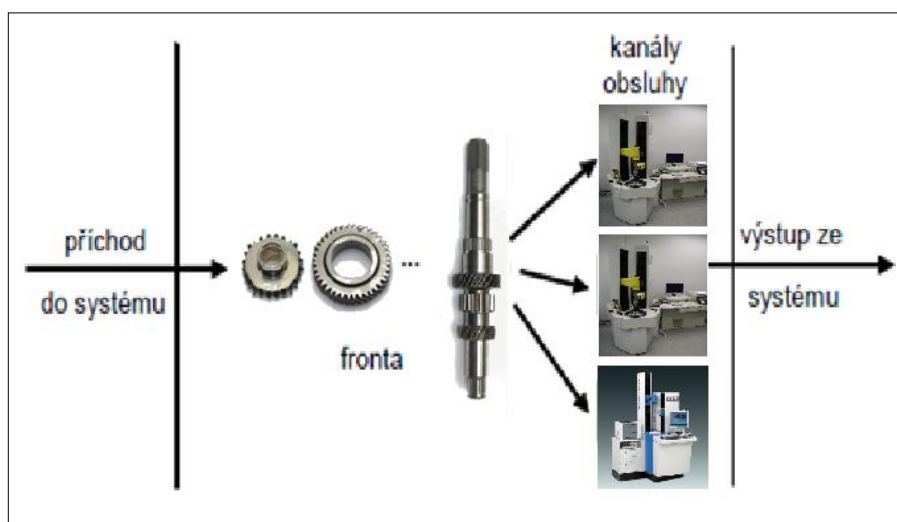
$$\overline{t_s} = \frac{\overline{n_s}}{\lambda} = \overline{t_f} + \frac{1}{\mu} \quad (3.8)$$

Současný stav

V současné době před zavedením nového systému předávání dílů na Kontrolní měrové středisko se stávalo, že během jedné hodiny, např. od 6:00 do 7:00 na začátku směny bylo na KMS mnoho dílů, které tvořily „frontu“. Pro popis tohoto stavu (obr. 33) jsou vypočteny vlastnosti systému vyplývající z Teorie front. Jsou zde spočítány vztahy pro KMS MQ 200 v obou případech, kdy na KMS bylo mnoho kusů, tj. 22 a naopak málo, tj. 5 kusů.



Obr. 33 Graf současného stavu KMS



Obr. 34 Systém hromadné obsluhy na KMS

1.) Střední intenzita vstupu je 22 dílů

Jedná se o tříkanálový systém hromadné obsluhy ($S=3$) s jednou frontou (obr. 34). Režim fronty je FIFO. Nejprve se musí určit, zda je systém stabilní. Střední intenzita vstupu je 22 dílů za hodinu a střední intenzita výstupu 3 měřících center je 24 dílů za hodinu (průměrná doba měření je 7,5 min, to znamená, že jedno měřící centrum za hodinu změří 8 dílů). Střední intenzita provozu celého systému ρ je $22/24=0,91$. Systém je tedy stabilní. Měřící centra jsou využita 92% času a 8% provozní doby může být využito na ostatní měření. V prvním kroku je stanovena pravděpodobnost p_0 , že na měrovém středisku nebude žádný díl. Tato veličina bude potřebná při výpočtu ostatních charakteristik systému. Do vztahu pro p_0 se dosazuje „jednoduchá“ střední intenzita provozu η , tedy $22/8=2,75$.

$$\lambda = 22, \mu = 8, S = 3$$

Stabilita systému střední intenzita provozu celého systému musí být podle vztahu (3.2)

$$\rho < 1$$

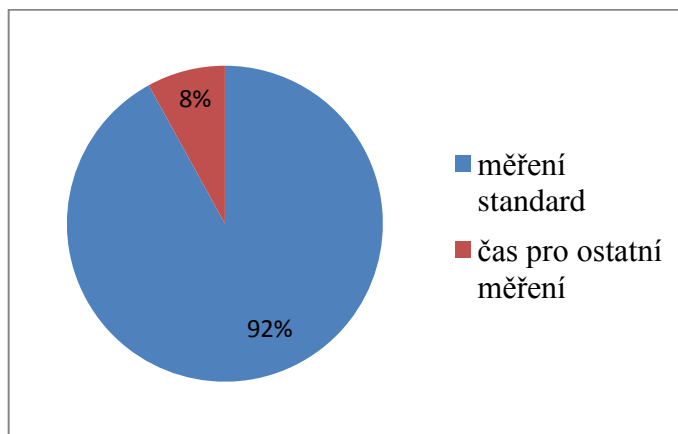
$$\rho = \frac{22}{8 \cdot 3} = \underline{0,92}$$

→ systém je stabilní (obr. 35)

→ 92% standardní měření

8% ostatní měření

I přesto, že je systém stabilní, jen 8% času vyhrazeného pro ostatní měření nepokryje potřebu měření požadovaných dílů.



Obr. 35 Graf stability systému pro $\lambda = 22$

Jednoduchá střední intenzita provozu η se stanoví ze vztahu (3.4)

$$\eta = \frac{22}{8} = \underline{\underline{2,75}}$$

a) Pravděpodobnost, že na KMS nebude žádný kus, se vypočte dle vzorce (3.3)

$$P_0 = \frac{1}{\frac{2,75^3}{3! \left(1 - \frac{2,75}{3}\right)} + \frac{2,75^0}{0!} + \frac{2,75^1}{1!} + \frac{2,75^2}{2!}} = \frac{1}{49,125} = \underline{\underline{0,020}}$$

b) Střední počet dílů čekajících ve frontě na změření se vypočte dle (3.5)

$$\overline{n_f} = \frac{2,75^4}{3 \cdot 3! \left(1 - \frac{2,75}{3}\right)^2} \cdot 0,020 = \underline{\underline{9,15 \text{ dílů}}}$$

c) Střední počet dílů na KMS je podle vztahu (3.6)

$$\overline{n_s} = 9,15 + 2,75 = \underline{\underline{11,9 \text{ dílů}}}$$

d) Střední doba, kterou díl čeká ve frontě na změření, se stanoví dle vztahu (3.7)

$$\overline{t_f} = \frac{9,15}{22} = 0,416 \text{ hod} = \underline{\underline{24,95 \text{ min}}}$$

e) Střední doba strávená u stroje se vypočte dle vzorce (3.8)

$$\overline{t_s} = \frac{11,9}{22} = 0,54 \text{ hod} = \underline{\underline{32,46 \text{ min}}}$$

2.) Střední intenzita vstupu je 5 dílů

$$\lambda = 5, \mu = 8, S = 3$$

Stabilita systému střední intenzita provozu celého systému musí být podle vztahu (3.2)

$$\rho < 1$$

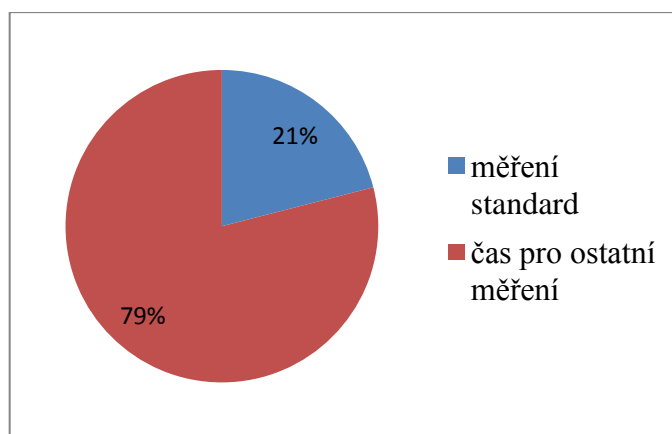
$$\rho = \frac{5}{8 \cdot 3} = \underline{0,21}$$

→ systém je stabilní (obr. 36)

→ 21% standardní měření

79% ostatní měření

I přesto, že je systém stabilní, měrové středisko není optimálně vytíženo.



Obr. 36 Graf stability systému pro $\lambda = 5$

Jednoduchá střední intenzita provozu η se stanoví ze vztahu (3.4)

$$\eta = \frac{5}{8} = \underline{0,625}$$

a) Pravděpodobnost, že na KMS nebude žádný kus, se vypočte dle vzorce (3.3)

$$P_0 = \frac{1}{\frac{0,625^3}{3! \left(1 - \frac{0,625}{3}\right)} + \frac{0,625^0}{0!} + \frac{0,625^1}{1!} + \frac{0,625^2}{2!}} = \frac{1}{1,8714} = \underline{0,534}$$

b) Střední počet dílů čekajících ve frontě na změření se vypočte dle (3.5)

$$\overline{n_f} = \frac{0,625^4}{3.3! \left(1 - \frac{0,625}{3}\right)^2} \cdot 0,534 = \underline{\underline{0,007 \text{ dílů}}}$$

c) Střední počet dílů na KMS je podle vztahu (3.6)

$$\overline{n_s} = 0,007 + 0,625 = \underline{\underline{0,632 \text{ dílů}}}$$

d) Střední doba, kterou díl čeká ve frontě na změření, se stanoví dle vztahu (3.7)

$$\overline{t_f} = \frac{0,007}{5} = 0,0014 \text{ hod} = \underline{\underline{0,084 \text{ min}}}$$

e) Střední doba strávená u stroje se vypočte dle vzorce (3.8)

$$\overline{t_s} = \frac{0,632}{5} = 0,1264 \text{ hod} = \underline{\underline{7,584 \text{ min}}}$$

V případě, že je na KMS 22 dílů, doba strávená na měření je 32,46 min a v druhém případě (pro 5 dílů) je tato doba 7,584 min. Nyní je třeba určit střední intenzitu vstupu požadovaného stavu na KMS, aby doba strávená na měření byla co neoptimálnější.

Požadovaný stav

V následující kapitole jsou vypočteny vlastnosti systému, které jsou požadovány pro zavedení optimalizace měření dílů na KMS.

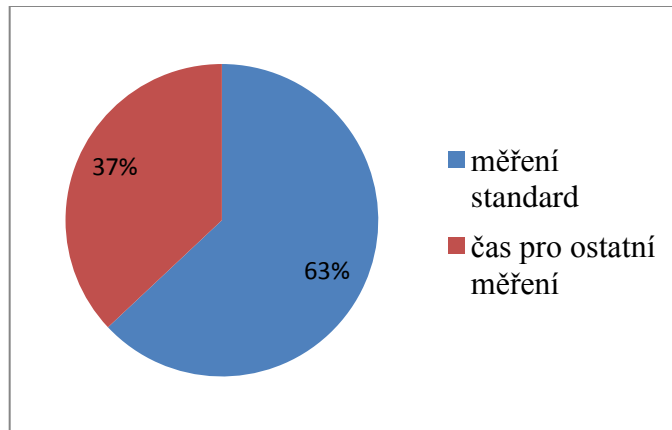
$$\lambda = 15, \mu = 8, S = 3$$

Stabilita systému střední intenzita provozu celého systému musí být podle vztahu (3.2)

$$\rho < 1$$

$$\rho = \frac{15}{8 \cdot 3} = \underline{\underline{0,63}}$$

- systém je stabilní (obr. 37)
- 63% standardní měření
- 37% ostatní měření



Obr. 37 Graf stability systému pro $\lambda = 15$

Jednoduchá střední intenzita provozu η se stanoví ze vztahu (3.4)

$$\eta = \frac{15}{8} = \underline{1,875}$$

- a) Pravděpodobnost, že na KMS nebude žádný kus, se vypočte dle vzorce (3.3)

$$P_0 = \frac{1}{\frac{1,875^3}{3! \left(1 - \frac{1,875}{3}\right)} + \frac{1,875^0}{0!} + \frac{1,875^1}{1!} + \frac{1,875^2}{2!}} = \frac{1}{7,563} = \underline{0,132}$$

- b) Střední počet dílů čekajících ve frontě na změření se vypočte dle (3.5)

$$\overline{n_f} = \frac{1,875^4}{3 \cdot 3! \left(1 - \frac{1,875}{3}\right)^2} \cdot 0,132 = \underline{0,64 \text{ dílů}}$$

c) Střední počet dílů na KMS je podle vztahu (3.6)

$$\overline{n_s} = 0,64 + 1,875 = \underline{\underline{2,515}}$$

d) Střední doba, kterou díl čeká ve frontě na změření, se stanoví dle vztahu (3.7)

$$\overline{t_f} = \frac{0,64}{15} = 0,043 \text{ hod} = \underline{\underline{2,56 \text{ min}}}$$

e) Střední doba strávená u stroje se vypočte dle vzorce (3.8)

$$\overline{t_s} = \frac{2,515}{15} = 0,168 \text{ hod} = \underline{\underline{10,06 \text{ min}}}$$

Doba strávená na KMS je 10,06 minut. Tento čas je optimální pro stanovení vytiženosti měrového střediska.

4. OPTIMÁLNÍ ROZDĚLENÍ ČINNOSTÍ MĚŘENÍ NA KMS OZUBENÍ PRO PŘEVODOVKY MQ 200 A MQ 100

Pro stanovení optimálního rozdělení činností měření na KMS je vypracován na základě praktických měření a pozorování a vypočtených dat systém v programu Microsoft Office Excel 2007. Tento systém uvádí časy, kdy se mají jednotlivé díly předávat na měření na KMS, aby měrové středisko bylo optimálně vytižené a nevznikaly fronty dílů čekajících na změření. V programu jsou zahrnuty všechny vyráběné díly, jejichž ozubení se kontroluje na měřicích centrech Klingelberg. Jeden den je rozdělen na půlhodiny a podmínkou je odměření právě donesených dílů do 30 minut.

Tento systém byl na KMS pro převodovku MQ 200 vyzkoušen po dobu 6 měsíců. Během této doby bylo vzneseno několik připomínek. Po odstranění problémů a nejasností byl systém přijat a je používán.

Sériová výroba nové převodovky MQ 100 bude zahájena v červenci letošního roku 2011. Ihned po zahájení je plánováno nasazení stejného systému jako u převodovky MQ 200. Systém vypracovaný v programu Microsoft Office Excel 2007 je předběžný a počítá s plánovanými KPO a budoucím návrhem měření.

Údaje potřebné ke stanovení vytíženosti kontrolních měrových středisek pro převodovku MQ 200 a MQ 100 a seznam dílů předávaných k měření

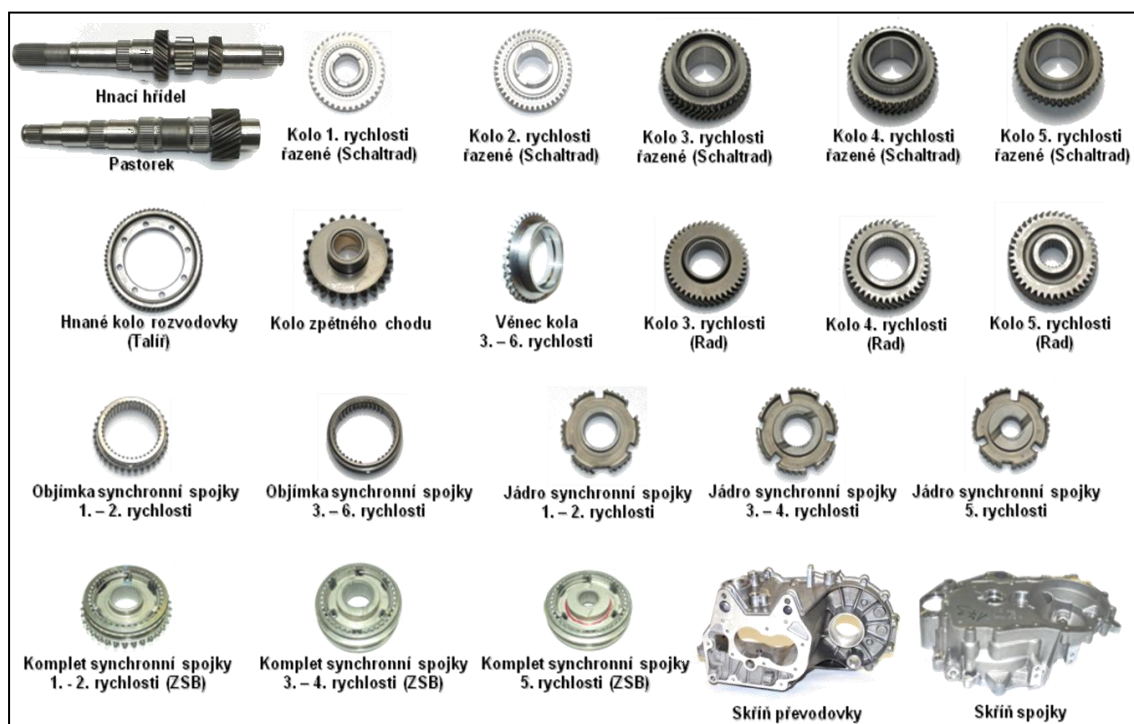
Seznam dílů

Zde jsou znázorněny všechny díly měřené na KMS. Je uveden název, firemní označení a typy. Různé typy značí umístění ozubeného kola v převodovce pro různý typ motorů vyráběných ve firmě Škoda Auto, např. motory 1,2 HTP 44 kW, 1,2 TSI 77 kW, 1,9 TDI 81kW atd.

Přehled dílů předávaných na Kontrolní měrové středisko ozubení pro MQ200 (obr. 38)

Hnací hřídel	02T 311 103 AC, AD, AF, AG, AJ
Kolo 1. rychlosti řazené (Schaltrad)	02T 311 251 __, B, E, L, H
Kolo 2. rychlosti řazené (Schaltrad)	02T 311 261 __, A, J, G, N, K
Věnc kolo 3. – 6. rychlosti	02T 311 291 B
Pastorek	02T 311 205 B, D, E, F, AG, AD, AK, M, H, P, AN, AJ, AQ, AP
Hnané kolo rozvodovky	02T 409 155 __, A, B, C, D, F 02T 409 156 E, H, L, N, Q
Diferenciál	02T 409 111 L, M, C, P, Q, R
Kolo zpětného chodu	02T 311 531 G
Kolo 3. rychlosti řazené (Schaltrad)	02T 311 131 AH, AJ, AG, AK
Kolo 4. rychlosti řazené (Schaltrad)	02T 311 149 Q, P, R, S, AK, AJ, AL
Kolo 5. rychlosti řazené (Schaltrad)	02T 311 159 M, N, P, R, AH, Q, AS
Kolo 3. rychlosti řadící (Rad)	02T 311 285 P, N, Q, AA, AG
Kolo 4. rychlosti řadící (Rad)	02T 311 351 D, E, F, N, AB, AA

Kolo 5. rychlosti řadící (Rad)	02T 311 361 A, B, C, D, R, AD
Objímka synchronní spojky 1.- 2. rychl.	02T 311 255 E
Jádro synchronní spojky pro 1.- 2. rychl.	02T 311 243 A
Jádro synchronní spojky pro 3.- 4. rychl.	02T 311 309 D
Jádro synchronní spojky pro 5. rychl.	02T 311 244 D

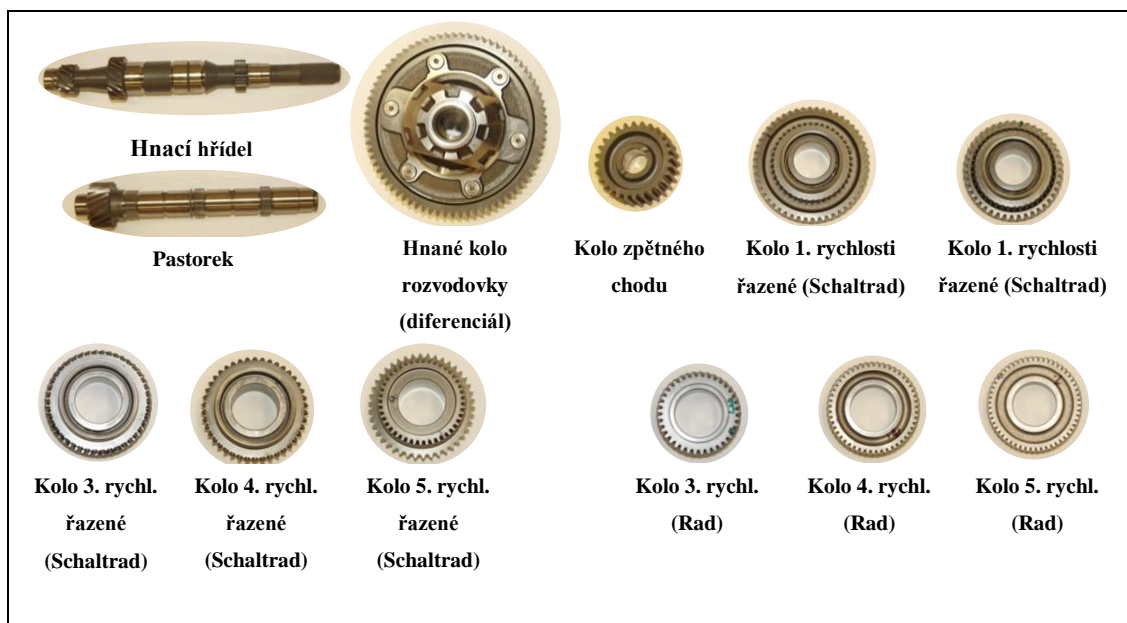


Obr. 38 Díly pro převodovku MQ 200 [1]

Přehled dílů předávaných na Kontrolní měřové středisko ozubení pro MQ100 (obr. 39)

Hnací hřídel	0CF 311 103 G, J
Kolo 1. rychlosti řazené (Schaltrad)	0CF 311 251 E
Kolo 2. rychlosti řazené (Schaltrad)	0CF 311 261 K, M
Věnc kola 3. – 6. rychlosti	02T 311 291 B
Pastorek	0CF 311 205 L, M
Hnané kolo rozvodovky	0CF 409 155 B, D
Diferenciál	0CF 409 111 B, C
Kolo zpětného chodu	0CF 311 531 B
Kolo 3. rychlosti řazené (Schaltrad)	0CF 311 131 F, H
Kolo 4. rychlosti řazené (Schaltrad)	0CF 311 149 J

Kolo 5. rychlosti řazené (Schaltrad)	0CF 311 159 G
Kolo 3. rychlosti řadící (Rad)	0CF 311 285 C, E
Kolo 4. rychlosti řadící (Rad)	0CF 311 351 C
Kolo 5. rychlosti řadící (Rad)	0CF 311 361 D



Obr. 39 Díly pro převodovku MQ 100 [1]

Měření

- na 1 díle se měří 4 profily včetně 3 řezů
- kapacita stroje ZPK 260 = 20 (2/3 času vzhledem k vedlejším časům, viz dále)
 $P\ 26 = 20$ (2/3 času vzhledem k vedlejším časům)
- koeficient rychlosti (vychází z praktického měření času při měření ozubení nastavovacího kusu shodného pro oba stroje)

$$ZPK\ 260 = 1$$

$$P\ 26 = 1,3$$

Standardní měření zahrnuje:

- měření dle Kontrolních plánů operací (KPO),
- měření po výměně nástrojů a přeseřízení,
- analýzy,
- přejímky,
- vzorkování,

- měření pro Technický vývoj – „Česana“,
- zkoušky taveb, včetně drážkování,
- vzorky tepelného zpracování,
- vzorové kusy pro odvalovací zkoušku hlučnosti (CMD),
- ostatní zkoušky (oddělení VAT, VAP, GQH),
- údržbu strojů,
- měření pro audit,
- první 2 vzorky pro teplené zpracování,
- měření drážkování 1x týdně.

Ostatní měření zahrnuje:

- opakované měření při seřízení a měření při NIO výsledku po zásahu,
- měření po opravě strojů a novém rozběhu,
- čas pro náhradní měření,
- okamžité analýzy,
- měření pro potvrzení výsledku,
- měření pro GQD, GQH,
- porovnávací měření
- atd.

Vedlejší časy:

- očištění dílu, upnutí, výměna dotyků, najetí, sundání dílu a vyhodnocení protokolu

4.1 VYTÍŽENOST KMS PRO MQ 200

Kontrolní měrové středisko ozubení pracuje v nepřetržitém provozu s 8 pracovníky, kteří obsluhují měřicí techniku. Na KMS jsou umístěny 3 měřicí centra Klingelberg, dva typy ZPK 260 a jeden typ P26.

Program vytvořený v MS Excel obsahuje tabulku s daty, z níž vychází graf, který udává stav na KMS při stanoveném počtu měřených dílů v daný čas. Cílem je, aby KMS bylo rovnoměrně vytížené.

Legenda k tabulce č. 3 popisuje:

Kusy – interní označení dílu

Operace – číslo operace, po které je kus měřen

- 11 – protahování,
- 15 – obrázení věnce kola 3. – 6. rychlosti,
- 20 – obrázení ozubení,
- 45 – frézování,
- 70 – ševingování,
- 135 – drážkování,
- 140 – broušení nebo honování (dle dílu),
- 150 – zkouška hlučnosti odvalet CMDigit.

Počet zubů – průměr počtu zubů pro všechny typy

Typy – označení typů pro daný kus

Interval [hod] – interval předávání kusů k měření dle Kontrolního plánu operací

Počet výrobních strojů – počet strojů, na kterých je daný díl vyráběn

Donést kdy [hod] – čas, který je stanoven pro předání kusu na KMS

Doba měření [min] – čas měření jednoho kusu, který vychází z počtu zubů, počtu výrobních strojů a kinematiky měření

Tab. 3 Údaje o předávání dílů na KMS MQ 200

kusy	operace	počet zubů	typy	interval (hod)	počet v.strojů	donést kdy	doba měření (min)
02T 311 205	45	15,71	B,D,E,F,AG, AD,AK,M,H, P,AN,AJ,AQ AP	8:00	2	6:00	7,84
					2	14:00	7,84
					2	22:00	7,84
	70	16,29	B,D,E,F,M,H P	8:00	1	7:30	3,96
					1	15:30	3,96
					1	23:30	3,96
	140	14,50	AK, AN	4:00	1	3:00	3,84
					1	7:00	3,84
					1	11:00	3,84
					1	15:00	3,84
					1	19:00	3,84
					1	23:00	3,84
02T 409 155	45	66,71	A,B,C,D,F,-	4:00	2	1:00	14,64

					2	5:00	14,64
					2	9:00	14,64
					2	13:00	14,64
					2	17:00	14,64
					2	21:00	14,64
02T 409 156	45	62,60	H,E,N,L,Q	4:00	2	2:30	14,09
					2	6:30	14,09
					2	10:30	14,09
					2	14:30	14,09
					2	18:30	14,09
					2	22:30	14,09
02T 409 111	140	61,67	L,M,C,P,Q,R	4:00	1	0:30	6,98
					1	4:30	6,98
					1	8:30	6,98
					1	12:30	6,98
					1	16:30	6,98
					1	20:30	6,98
02T 311 251	45	44,60	B,E,L,H,-	8:00	2	0:30	11,69
					2	8:30	11,69
					2	16:30	11,69
	70	41,67	B,E,-	8:00	2	1:30	11,30
					2	9:30	11,30
					2	17:30	11,30
	140	49,00	L,H	4:00	1	3:30	6,14
					1	7:30	6,14
					1	11:30	6,14
					1	15:30	6,14
					1	19:30	6,14
					1	23:30	6,14
	150	41,67	B, -	0:00	1	6:00	5,65
02T 311 261	45	43,60	A,J,G,N,-	8:00	2	0:30	11,56
					2	8:30	11,56
					2	16:30	11,56
	70	43,67	A,G,-	8:00	2	1:30	11,57
					2	9:30	11,57
					2	17:30	11,57
	140	43,33	N,J,K	4:00	1	2:30	5,76
					1	6:30	5,76
					1	10:30	5,76
					1	14:30	5,76
					1	18:30	5,76
					1	22:30	5,76
	150	43,50	A,-	0:00	1	8:00	5,77
02T 311 131	45	31,25			0		
	70	31,25	AH,AJ,AG,AK	8:00	1	7:00	4,96
					1	15:00	4,96
					1	23:00	4,96
02T 311 149	45	38,57	Q,P,R,S,AK,AJ,AL		0		
	70	40,17	Q,P,R,S,AK,AJ	8:00	1	7:00	5,55
					1	15:00	5,55
					1	23:00	5,55
	135	29,00	AL		1		

02T 311 159	45	48,86	M,N,P,R,AH,Q,AS	0		
	70	48,86	M,N,P,R,AH Q,AS	8:00	1	7:00 6,13
					1	15:00 6,13
					1	23:00 6,13
	140	50,00	AS	4:00	1	1:00 6,21
					1	5:00 6,21
					1	9:00 6,21
					1	13:00 6,21
					1	17:00 6,21
					1	21:00 6,21
02T 311 285	11				0	
	45	41,80	P,N,Q,AA,AG		1	
	70	42,00	P,N,Q,AA	8:00	1	7:30 5,67
					1	15:30 5,67
					1	23:30 5,67
	135				1	
	140				1	
02T 311 351	11				0	
	45	38,83	D,E,F,N,AB,AA		1	
	70	38,83		8:00	1	7:30 5,46
					1	15:30 5,46
					1	23:30 5,46
02T 311 361	135				1	
	11				0	
	45	38,14	A,B,C,D,R,AD		1	
	70	38,33	A,B,C,D,R	8:00	1	7:30 5,43
					1	15:30 5,43
					1	23:30 5,43
	135				1	
	140	37,00	AD	4:00	1	2:30 5,34
					1	6:30 5,34
					1	10:30 5,34
					1	14:30 5,34
					1	18:30 5,34
					1	22:30 5,34
02T 311 531	45	24,00	G	4:00	1	3:00 4,47
					1	7:00 4,47
					1	11:00 4,47
					1	15:00 4,47
					1	19:00 4,47
					1	23:00 4,47
02T 311 255	11	35,00	E		0	
	45	35,00	E	4:00	1	3:00 5,21
					1	7:00 5,21
					1	11:00 5,21
					1	15:00 5,21
					1	19:00 5,21
					1	23:00 5,21
02T 311 103 1°	45	12,20	AC,AF,AD, AG,AJ	8:00	1,5	3:30 5,53
					1,5	11:30 5,53
					1,5	19:30 5,53
02T 311 103 2°	45	21,60	AC,AF,AD,	8:00	1,5	3:30 6,47

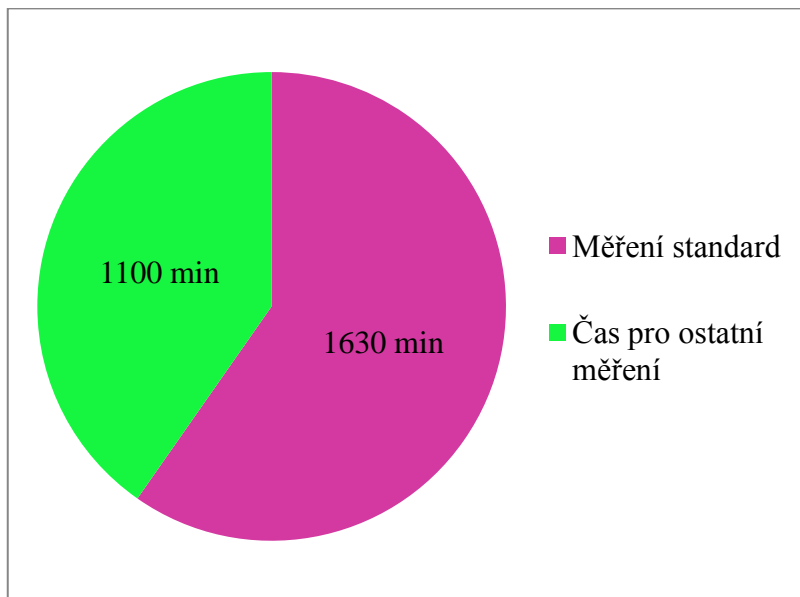
			AG,AJ				
					1,5	11:30	6,47
					1,5	19:30	6,47
02T 311 103 Zp	20	11,00	AC,AF,AD, AG,AJ	0:00	2	11:30	7,21
02T 311 103 1°	70	12,00	AC,AF,AJ, AD	8:00	1	3:30	3,67
					1	11:30	3,67
					1	19:30	3,67
02T 311 103 2°	70	21,50	AC,AF,AJ, AD	8:00	1	3:30	4,31
					1	11:30	4,31
					1	19:30	4,31
02T 311 103 Zp	70	12,00	AC,AF,AD, AG,AJ	8:00	1	3:30	3,67
					1	11:30	3,67
					1	19:30	3,67
02T 311 103 2°	150	21,50	AC,AF,AJ, AD	0:00	1	8:00	4,31
02T 311 103 1°	140	13,00	AG	4:00	0,5	0:00	1,87
					0,5	4:00	1,87
					0,5	8:00	1,87
					0,5	12:00	1,87
					0,5	16:00	1,87
					0,5	20:00	1,87
02T 311 103 2°	140	22,00	AG	4:00	0,5	0:00	2,17
					0,5	4:00	2,17
					0,5	8:00	2,17
					0,5	12:00	2,17
					0,5	16:00	2,17
					0,5	20:00	2,17
02T 311 291	20	42,00	B	8:00	3	3:00	17,02
					3	11:00	17,02
					3	19:00	17,02
VZB 001 488 A	15	42		0:00	1	12:00	5,67
VZB 001 488 A	15	42		0:00	1	12:00	5,67
02T 311 155, 156	70	66	A,B,D,F,- H,E,N	4:00	2	0:00	14,54
					2	4:00	14,54
					2	8:00	14,54
					2	12:00	14,54
					2	16:00	14,54
					2	20:00	14,54

Ve standardním čase měření jsou zahrnuty navíc pravidelné úkony, které jsou spočítány tak, aby tyto úkony mohly být započítány do každodenního měření. Jedná se, např. o měření dle KPO 1x týdně nebo pravidelnou údržbu strojů. V Tab. 4 je zobrazen souhrnný přehled počítaných časů. Detailně jsou uvedeny v Příloze 1.

Tab. 4 Časy pro standardní měření mimo KPO pro MQ 200

4) Zahrnutí vzorkování	0,17 min
5) Zahrnutí měření pro Česanu	0,43 min
6) Zahrnutí zkoušek taveb včetně drážkování	1,06 min
7) Zahrnutí vzorků TZ	4,16 min
8) Zahrnutí měření vzorových kusů pro CMD	0,07 min
9) Ostatní zkoušky (VAT, VAP, GQH)	0,60 min
10) Zahrnutí údržby strojů	0,43 min
12) Zahrnutí měření dílů pro audit	0,41 min
13) Zahrnutí dílů se 2 prvními vzorky pro TZ	0,01 min
14) Zahrnutí měření drážkování 1x týdně	0,17 min
CELKEM	15,18 min

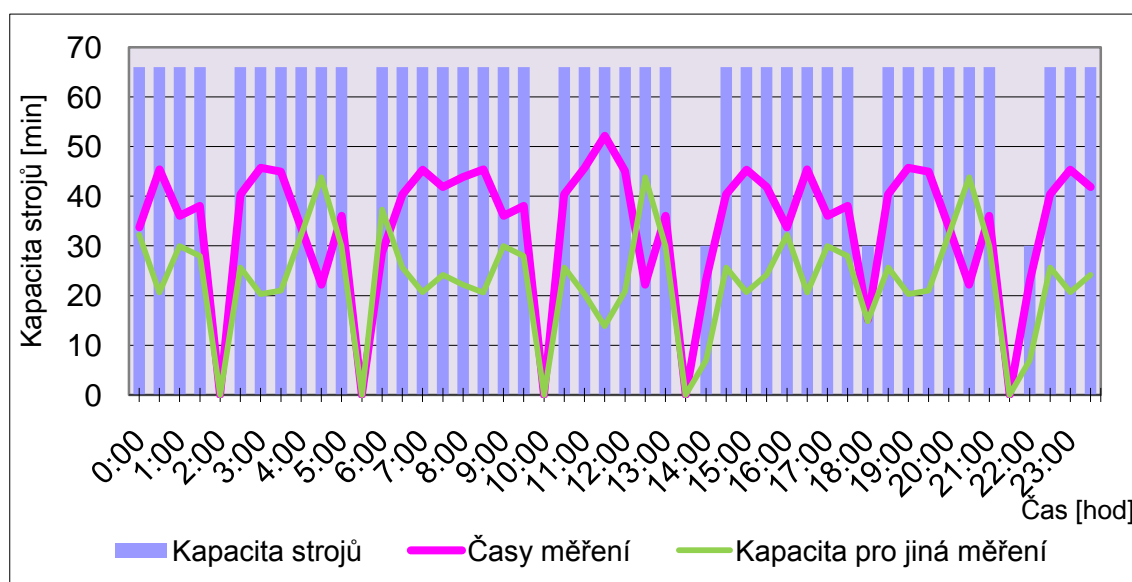
Graf (obr. 40) znázorňuje poměr měření v minutách standardního měření (měření dle KPO + pravidelné úkony přepočtené na 1 den), což je celkem 1630 min a času pro ostatní měření, který se rovná 1100 min.



Obr. 40 Graf časů měření pro MQ 200

Kapacita strojů vychází z jejich obslužnosti. Pracovníci KMS pro MQ 200 pracují v nepřetržitém provozu, kde 4 pracovníci mají 12hodinovou směnu, 3 pracovníci mají 8hodinovou směnu (ranní, odpolední, noční) a 1 pracovník má 8hodinovou směnu (ranní). Povinné pracovní přestávky jsou ve 2:00, 10:00 a 18:00 hodin. Směny 8hodinové se střídají v 6:00, 14:00 a 22:00 a 12hodinové směny se střídají v 6:00 a 18:00. Nulová kapacita strojů kapacita strojů je v čase 5:30, 13:30 a 21:30 z důvodu pravidelné kalibrace strojů, která trvá přibližně 30 minut. Další snížení kapacity je v době 4:30, 12:30 a 20:30, kdy 1 pracovník měrového střediska předává vzorky měřených dílů do kalírny pro sledování korekcí ozubení před a po tepelném zpracování.

Pro stanovení vytíženosti je dána Tab. 3, z které vyšel výsledný graf (obr. 41). Na grafu je znázorněna kapacita strojů, časy standardního měření a časy pro ostatní měření.



Obr. 41 Graf kapacity KMS MQ 200

4.2 VYTÍŽENOST KMS PRO MQ 100

Kontrolní měrové středisko MQ 100 bude pracovat ve třísměnném provozu s jedním pracovníkem v jedné směně. Jeden pracovník bude obsluhovat obě měřicí centra Klingelnberg P 26 umístěné na KMS.

Program vytvořený v MS Excel udává tabulku s předběžnými daty a grafem, dle kterého by se po zavedení sériové výroby měl řídit systém předávání dílů k proměření.

Legenda k Tab. 5 je shodná s předchozí na str. 57.

kusy	operace	počet zubů	typy	interval (hod)	počet v.strojů	donést kdy	doba měření (min)
OCF 311 205	45	18,50	L,M	8:00	1	6:00	4,11
						14:00	4,11
						22:00	4,11
	140	18,50	L,M	4:00	1	0:30	4,11
						4:30	4,11
						8:30	4,11
						12:30	4,11
						16:30	4,11
						20:30	4,11
OCF 409 155	45	74,50	B,D	8:00	2	1:30	15,68
						9:30	15,68
						17:30	15,68
OCF 409 111	140	74,50	B,C	4:00	1	1:00	7,84
						5:00	7,84
						9:00	7,84
						13:00	7,84
						17:00	7,84
						21:00	7,84
OCF 311 251	45	51,00	E	8:00	1	6:00	6,27
						14:00	6,27
						22:00	6,27
	140	51,00	E	4:00	1	1:00	6,27
						5:00	6,27
						9:00	6,27
						13:00	6,27
						17:00	6,27
						21:00	6,27
OCF 311 261	45	43,50	K,M	8:00	1	6:00	5,77
						14:00	5,77
						22:00	5,77
	140	43,50	K,M	4:00	1	1:00	5,77
						5:00	5,77
						9:00	5,77
						13:00	5,77
						17:00	5,77
						21:00	5,77
OCF 311 131	45	48,00	F,H	8:00	1	7:30	6,07
						15:30	6,07
						23:30	6,07
	70	48,00	F,H	4:00	1	3:00	6,07
						7:00	6,07
						11:00	6,07

						15:00	6,07
						19:00	6,07
						23:00	6,07
OCF 311 149	45	47,00 J	8:00	1		7:30	6,01
						15:30	6,01
						23:30	6,01
	70	47,00 J	4:00	1		3:00	6,01
						7:00	6,01
						11:00	6,01
						15:00	6,01
						19:00	6,01
						23:00	6,01
OCF 311 159	45	44,00 G	8:00	1		7:30	5,81
						15:30	5,81
						23:30	5,81
	70	44,00 G	4:00	1		3:00	5,81
						7:00	5,81
						11:00	5,81
						15:00	5,81
						19:00	5,81
						23:00	5,81
OCF 311 285	45	36,50 C,E	8:00	1		4:30	5,31
						12:30	5,31
						20:30	5,31
	140	36,50 C,E	4:00	1		2:30	5,31
						6:30	5,31
						10:30	5,31
						14:30	5,31
						18:30	5,31
						22:30	5,31
OCF 311 351	45	49,00 C	8:00	1		4:30	6,14
						12:30	6,14
						20:30	6,14
	140	49,00 C	4:00	1		2:30	6,14
						6:30	6,14
						10:30	6,14
						14:30	6,14
						18:30	6,14
						22:30	6,14
OCF 311 361	45	56,00 D	8:00	1		4:30	6,61
						12:30	6,61
						20:30	6,61
	140	56,00 D	4:00	1		2:30	6,61
						6:30	6,61
						10:30	6,61
						14:30	6,61
						18:30	6,61
						22:30	6,61
OCF 311 531	45	28,00 B	4:00	1		0:00	4,74
I segment	na čisto					4:00	4,74
						8:00	4,74
						12:00	4,74
						16:00	4,74

						20:00	4,74
OCF 311 531	45	28,00	B	4:00	1	0:00	4,74
II segment	na čisto					4:00	4,74
						8:00	4,74
						12:00	4,74
						16:00	4,74
						20:00	4,74
OCF 311 103 1°	45	14,00	G,J	8:00	1	0:30	3,81
						8:30	3,81
						16:30	3,81
OCF 311 103 2°	45	21,50	G,J	8:00	1	0:30	4,31
						8:30	4,31
						16:30	4,31
OCF 311 103 Zp	45	12,00	G,J	8:00	1	0:30	3,67
						8:30	3,67
						16:30	3,67
OCF 311 103 1°	140	14,00	G,J	4:00	1	0:00	3,81
						4:00	3,81
						8:00	3,81
						12:00	3,81
						16:00	3,81
						20:00	3,81
OCF 311 103 2°	140	21,50	G,J	4:00	1	0:00	4,31
						4:00	4,31
						8:00	4,31
						12:00	4,31
						16:00	4,31
						20:00	4,31
02T 311 291	20	42,00	B	8:00	2	3:30	11,34
						11:30	11,34
						19:30	11,34

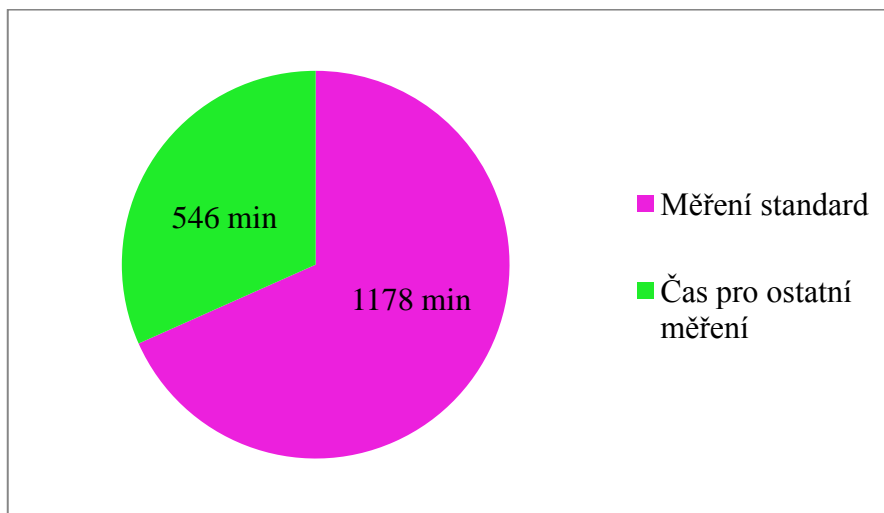
V čase měření jsou navíc zahrnuty předpokládané pravidelné úkony, které jsou spočítány tak, aby tyto úkony mohly být započítány do každodenního měření. Shrnutí vypočtených časů udává Tab. 6 a detailně jsou uvedeny v Příloze 2.

Tab. 6 Časy pro standardní měření mimo KPO pro MQ 100

1) Zahrnutí výměn nástrojů a přeseřzení	5,24 min
2) Zahrnutí analýz	0,71 min
3) Zahrnutí přejímek	0,35 min
4) Zahrnutí vzorkování	0,10 min
5) Zahrnutí měření pro Česanu	0,26 min
6) Zahrnutí zkoušek taveb včetně drážkování	0,75 min

7) Zahrnutí vzorků TZ	1,31 min
8) Zahrnutí vzorků po operaci broušení a honování	0,39 min
9) Zahrnutí měření vzorových kusů pro Linnenbrink	0,03 min
10) Ostatní zkoušky (VAT, VAP, GQH)	0,65 min
11) Zahrnutí údržby strojů	0,29 min
12) Zahrnutí měření dílů pro audit	0,29 min
13) Zahrnutí měření drážkování 1x týdně	0,10 min
CELKEM	10,48 min

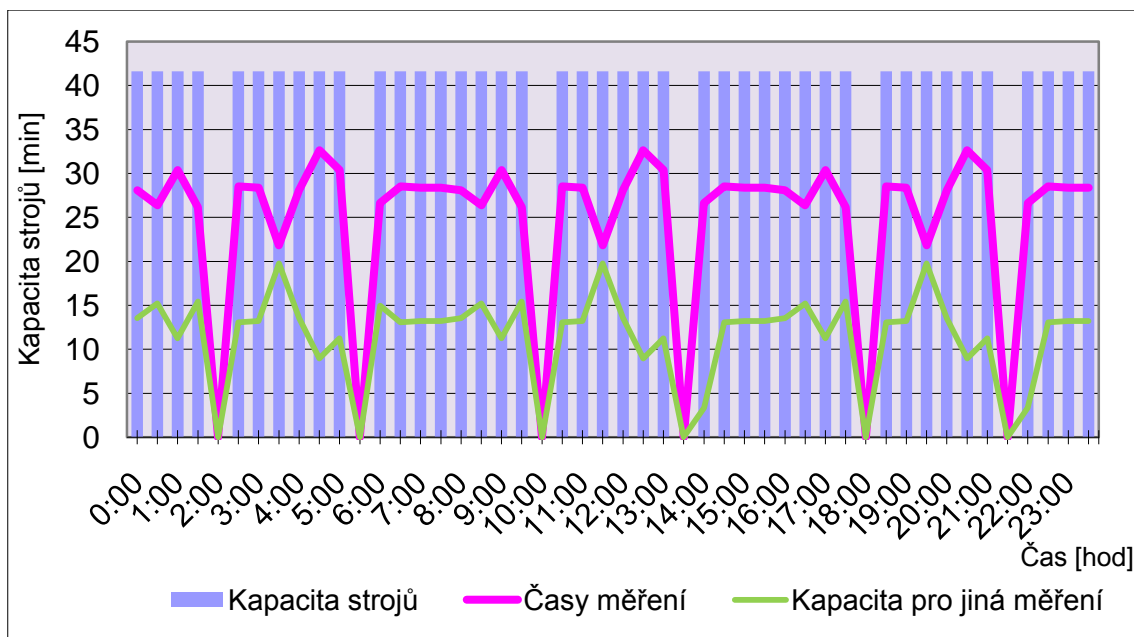
Graf na obr. 42 znázorňuje poměr měření v minutách standardního měření (měření dle KPO + pravidelné úkony přepočtené na 1 den), což je celkem 1178 min a času pro ostatní měření, který se rovná 546 min.



Obr. 42 Graf časů měření pro MQ 100

KMS pro MQ100 pracuje ve třísměnném provozu. Nulová kapacita je tak ve 2:00, 10:00 a 18:00 z důvodu přestávek a v časech 5:30, 13:30 a 21:30 kvůli kalibraci. Pro toto středisko se počítá s jedním pracovníkem pro obsluhu obou strojů, proto využitost obou měřicích center nemůže být stoprocentní.

Výsledné využití kapacity KMS pro MQ 100 je znázorněno v grafu na obr. 43.



Obr. 43 Graf kapacity KMS pro MQ 100

4.3 RIZIKA

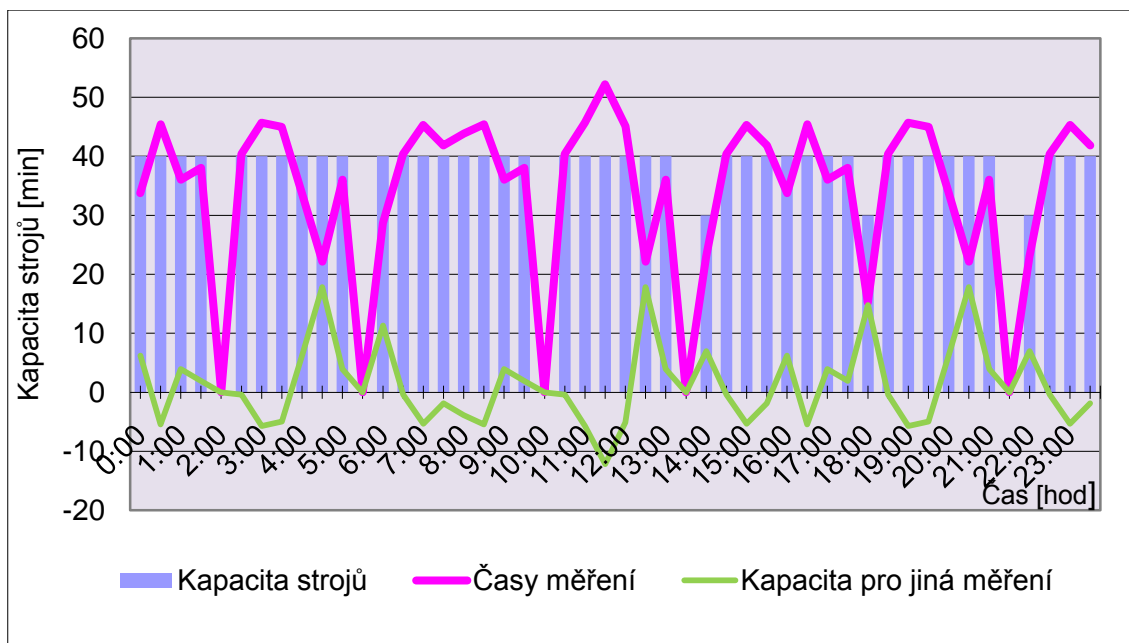
Jako možná rizika jsou zde dány stavy, vyplývající z výrobního procesu. První riziko je možnost poruchy jednoho stroje na kontrolním měrovém středisku pro převodovku MQ 200 a dalším rizikem je porucha stroje na novém měrovém středisku pro převodovku MQ 100. Tato rizika jsou znázorněna v grafech (na obr. 44 a 48) a jsou navržena možná řešení.

Riziko č. 1

Porucha stroje Klingelberg P26 na KMS MQ 200

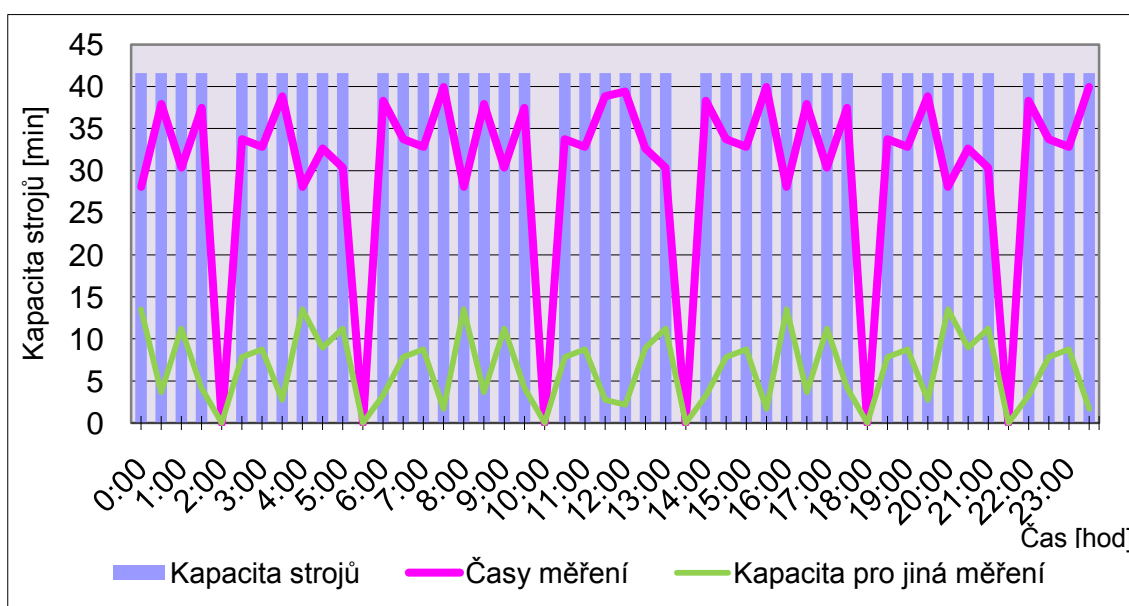
Zde je stanovena porucha měřicího centra Klingelberg P26, z důvodu, že tento stroj má větší kapacitu měření než Klingelberg ZPK 260 a tudíž řešení tohoto rizika pokryje i možnost, že by byl v poruše stroj s nižší kapacitou měření Klingelberg ZPK 260.

Stav na kontrolním měrovém středisku MQ 200 při poruše měřicího centra Klingelberg P26 (obr. 44)



Obr. 44 Graf pro vyhodnocení stavu na KMS MQ 200 při riziku č. 1

Kapacita strojů je překročena. Pouze 2 měřicí centra nemají možnost uspokojit požadavky výroby na změření požadovaného počtu dílů. Pro tento případ je navrženo u dílů objímka, zpátečka, synchronní věnec a dále kolo 1. rychlosti a kolo 2. rychlosti jen po operaci 45 – frézování a 70 – ševingování měření na kontrolním měrovém středisku pro převodovku MQ 100. Tyto díly jsou vybrány z pohledu logistiky, jelikož se nachází nejbližší novému měrovému středisku. Vytíženost KMS MQ 100, pak vystihuje graf na obr. 45.



Obr. 45 Graf návrhu stavu na KMS MQ 100 při riziku č. 1

Pro KMS MQ 200 jsou upraveny následující časy, aby se nevytvářely fronty dílů a středisko bylo rovnoměrně vytiženo.

Hnací hřídel 1° a 2°, operace 45 – 3:00, 11:00, 19:00

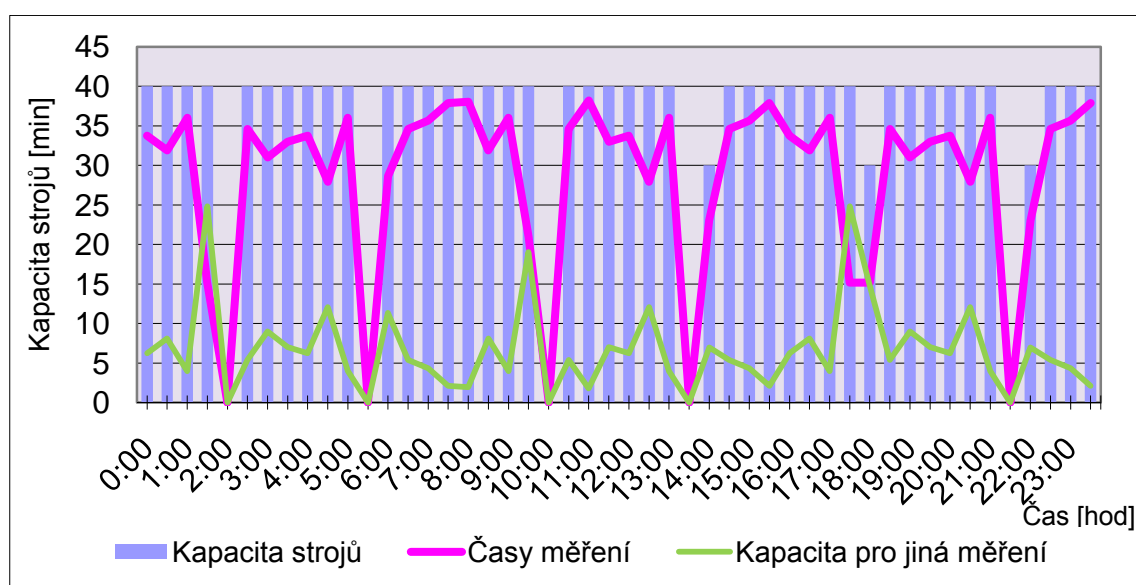
Hnací hřídel Zp., operace 20 - 3:00, 11:00, 19:00

Pastorek, operace 70 – 0:30, 8:30, 16:30

Kolo 1. rychlosti, operace 140 - 0:30, 4:30, 8:30, 12:30, 16:30, 20:30

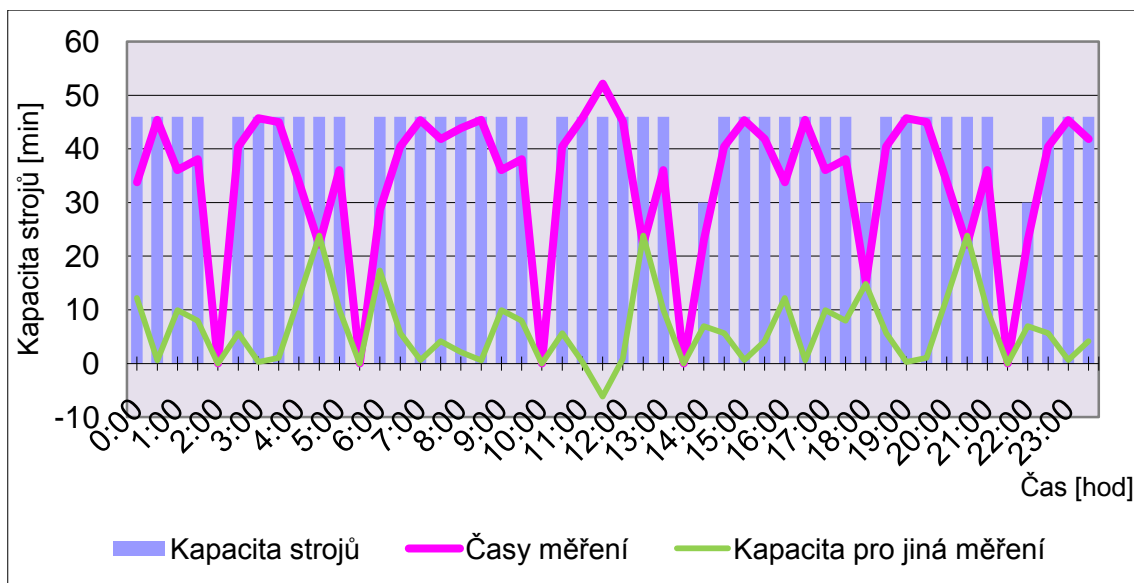
Kolo 1. rychlosti, operace 150 – 9:30

Tyto změny znázorněny v grafu na obr. 46.



Obr. 46 Graf návrhu stavu na KMS MQ 200 při riziku č. 1

Pokrytím tohoto rizika by byla i možnost výměny měřicích center. Pro KMS MQ 200 je navrženo řešení, aby se měřilo na dvou strojích P26 a jednom stroji ZPK 260. Situace při výpadku jednoho stroje P26 by pak vypadala dle grafu na obr. 47. Přesahovaný čas v 11:30 označuje měření dílu Hnací hřídel, to by proběhlo postupně.

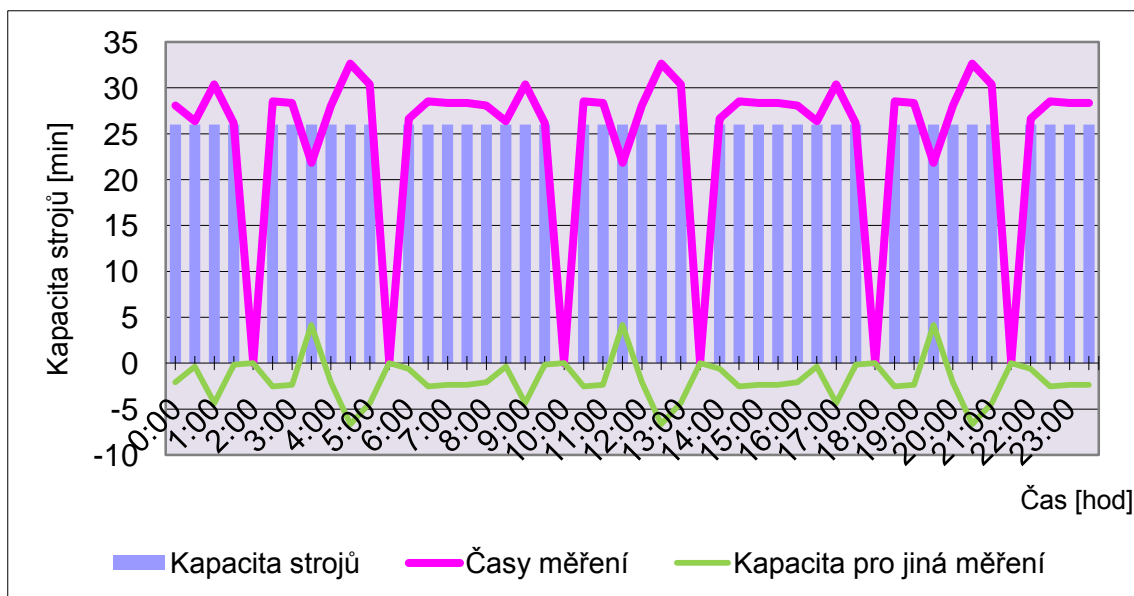


Obr. 47 Graf návrhu výměny měřicích center

Riziko č.2

Porucha stroje Klingelnberg P26 na KMS MQ 100

Rizikem č. 2 je považována porucha měřicího centra Klingelnberg P26 na kontrolním měrovém středisku pro převodovku MQ 100. Tento případ je vyjádřen grafem v obr. 48.



Obr. 48 Graf stavu KMS MQ 100 při riziku č. 2

I pro tento případ by kapacitně vyhovovalo měření některých dílů - dle logistiky - na KMS MQ 200 (viz obr. 49). Tyto díly a jejich časy měření jsou:

Hnací hřídel, operace 20 Zp. – 6:30, 14:30, 22:30

operace 45 1° a 2° - 6:30, 14:30, 22:30

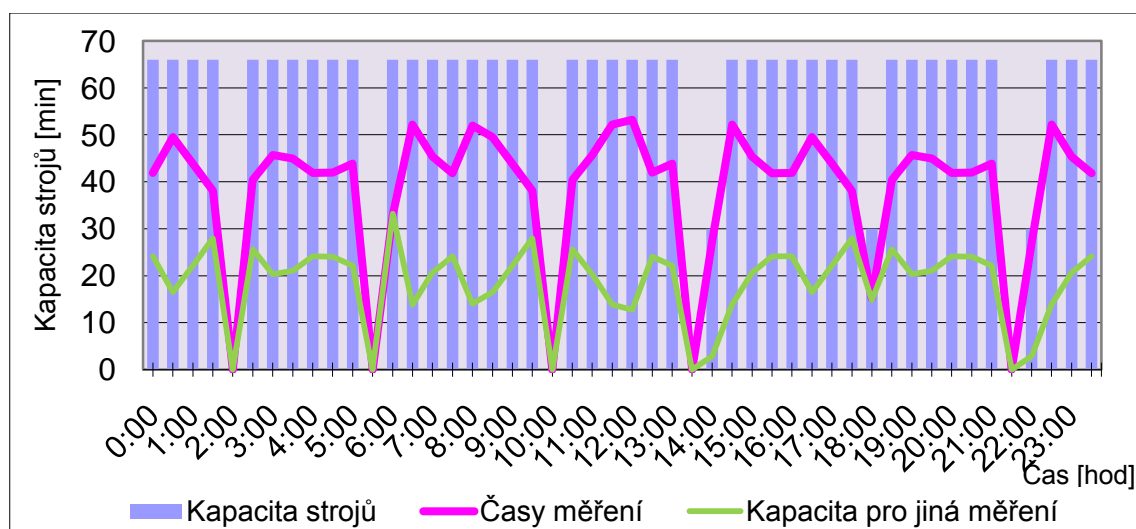
operace 140 1° a 2° - 0:00, 4:00, 8:00, 12:00, 16:00, 20:00

Pastorek, operace 45 – 6:00, 14:00, 22:00,

operace 140 – 0:30, 4:30, 8:30, 12:30, 16:30, 20:30

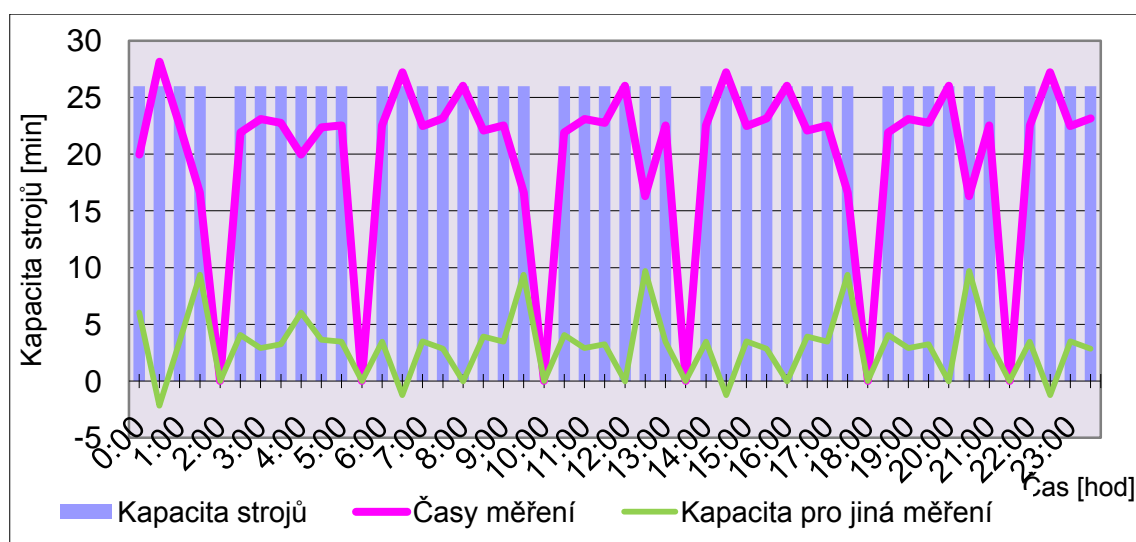
Hnané kolo rozvodovky, operace 45 – 4:30, 12:30, 20:30

Diferenciál, operace 140 – 1:00, 5:00, 9:00, 13:00, 17:00, 21:00



Obr. 49 Graf návrhu na změny při riziku č. 2 pro KMS MQ 200

Stav na měrovém středisku pro MQ 100 by vypadal dle grafu na obr. 50.



Obr. 50 Graf návrhu na změny při riziku č. 2 pro KMS MQ 100

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo optimalizovat činnosti spojené s kontrolními měrovými středisky ozubení pro typy převodovek MQ 200 a MQ 100 v oddělení VAT – Výroba agregátů, Technický servis ve Škoda Auto a.s. Výroba agregátu je složitý proces, ve kterém KMS zastává důležitou roli. Na základě jeho měření je řízena a uvolňována výroba ozubených soukolí. Přesnost výroby ozubení zajišťuje tichý a snadný chod převodových stupňů v převodovce automobilu.

V první fázi před zavedením systému předávání dílů na KMS MQ 200 byl zmapován původní stav, kdy byla zjištěna nerovnoměrná vytíženost měrového střediska. Dílů k proměření bylo předáváno mnoho najednou nebo naopak velmi málo. Proto byl vytvořen systém pomocí programu Microsoft Office Excel 2007, který stanovuje čas, kdy má určitý díl být předán na KMS. Tím vzniklo optimální rovnoměrné vytížení KMS pro MQ 200. Po dobu 6 měsíců byl tento systém vyzkoušen v provozu. V současné době je předávání dílů na KMS řízeno tímto systémem.

Stejný systém byl navržen i pro nové měrové středisko pro MQ 100, kde se po zahájení sériové výroby počítá s uvedením stejného systému vytvořeného konkrétně pro toto středisko.

Na základě Teorie front, kterou byl popsán původní stav, a byly spočteny požadované vlastnosti systému hromadné obsluhy, se optimalizovala doba čekání dílu ve frontě na změření na 10,06 minut. Tím se sníží riziko výroby špatných dílů po dobu, kdy díl bude na KMS, a než budou známy výsledky měření.

Uvedená data v této diplomové práci mohou posloužit k dalším optimalizacím týkajících se kontrolních měrových středisek ozubení a na jejich základě mohou být stanoveny činnosti měření na měrových střediscích pro kontrolu dalších parametrů na dílech pro převodovky MQ 200 a MQ 100. Navrženým programem v MS Excel mohou být řešena možná rizika nastíněna v závěrečné kapitole práce a další rizika plynoucí z provozu výroby.

Použitá literatura

- [1] ŠKODA AUTO a.s., Mladá Boleslav <<https://portal.skoda.vwg/>> (interní zdroj).
[cit. 2011-01-30]
- [2] PILOUS, V. *Technologie kovových materiálů*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2008. 126 s. ISBN 978-80-7043-699-8.
- [3] MÁDL J., Kafka J., Vrabec M., Dvořák R. *Technologie obrábění : 3.díl*. Praha 6 : Vydavatelství ČVUT, 2002. 246 s. ISBN 80-01-02091-6.
- [4] HLUCHÝ H., KOLOUCH J. *Strojírenská technologie I : Nauka o materiálu*. Praha 6 : Scientia, spol. s r. o., 2002. 266 s. ISBN 80-7183-262-6.
- [5] MORAVEC M. *Konstrukce strojů a zařízení II. : čelní ozubená kola*. Ostrava : MONTANEX a.s, 2001. 291 s. ISBN 80-7225-051-5.
- [6] CZ Tech – CNC stroje Čelákovice [online]. 2011 [cit. 2011-03-02]. Dostupné z www: <<http://www.cztech.cz/emag.html>>.
- [7] JECH J. *Tepelné zpracování oceli : Metalografická příručka*. Praha 1 : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983. 392 s.
- [8] Katedra tváření kovů a plastů - skripta [online]. 2011 [cit. 2011-03-02]. Dostupné z www: <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/08.htm>.
- [9] DOLÁK J., ŠIPKA T., PROCHÁZKA J. *Nové poznatky z technologie výroby ozubení a konstrukčního uplatnění nových typů ozubených převodovek*. Praha : Výzkumný ústav obráběcích strojů a obrábění, pobočka ČSVTS, 1990. 118 s.
- [10] BÍMOVÁ, E. *Optimalizace umístění měřicích strojů ozubení převodovky MQ 200*. Liberec, 2009. 44 s. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [11] *Měřicí technika* [online]. 2011 [cit. 2011-03-06]. Dostupné z www: <<http://www.koudelka-zastoupeni.cz/index.htm>>.
- [12] *Klingelberg GmbH*. [online]. 2011 [cit. 2011-03-06]. Dostupné z www: <http://www.klingelberg.info/en/produkte/p_26.php>.
- [13] GRAVEL G. *Verzahnungsabweichungen sicher beurteilen und korrigieren*. Würzburg, 2007. Beitrag vom GETPRO Kongress.
- [14] Klingelberg Söhne GmbH. *Software pro čelní kola*. Ettlingen, 2001.
- [15] GROS I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. Praha : Grada Publishing a.s., 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.

- [16] ŽIŽKA M. *Vybrané statě z operačního výzkumu*. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2003. 155 s. ISBN 80-7083-691-1.
- [17] PLEVNÝ M., ŽIŽKA M., *Modelování a optimalizace v manažerském rozhodování*. Plzeň : Západočeská univerzita v Plzni, 2005. 298 s. ISBN 80-7043-435-X.
- [18] Forum pro studenty ZČU - Fakulty ekonomické [online]. 2011 [cit. 2011-03-03]. Dostupné z www: <http://ekonom.zcu.cz/prostor/OV/teorie_hromadne_obsluhy.pdf>.
- [19] MAKOVEC J. a kol., *Organizace a plánování výroby*. Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, 1998. 276 s. ISBN 80-7079-171-3.

Přílohy

Příloha 1: Výpočet časů pro standardní měření mimo KPO pro MQ 200

Příloha 2: Výpočet časů pro standardní měření mimo KPO pro MQ 100

Elektronická příloha 3: Stanovení optimální vytiženosti Kontrolního měrového střediska pro MQ 200 (MS Excel 2007)

Elektronická příloha 4: Stanovení optimální vytiženosti Kontrolního měrového střediska pro MQ 100 (MS Excel 2007)

Příloha 1

Výpočet časů pro standardní měření mimo KPO pro MQ 200

Ve standardním čase měření jsou zahrnuty navíc následující pravidelné úkony, které jsou spočítány tak, aby tyto úkony mohly být započítány do každodenního měření. Jedná se, např. o měření dle KPO 1x týdně nebo pravidelnou údržbu strojů.

Doba měření 1 kusu je průměrem času měření všech kusů k celkovému počtu kusů, vyplývá z Tab. 3 a je rovna 5 minut.

1) Zahrnutí výměn nástrojů a přeseřízení

V současné době máme 17 dílů, na kterých se měří 36 ozubení, kde průměrná doba výměny nástroje je cca 1x za 24 hodin na jeden stroj. Měření po výměně nástroje trvá 5 minuty.

$$\text{výměna nástrojů} = \frac{\text{celkem ozubení}}{\text{počet půlhodin}} * \text{doba měření} * \frac{\text{počet výrobních strojů}}{\text{celkem ozubení}} \quad (1.1)$$

$$\text{výměna nástrojů} = \frac{36}{41,5} * 5 * \frac{55}{36}$$

$$\text{výměna nástrojů} = 6,63 \text{ min}$$

2) Zahrnutí analýz

Analýzy z haly M6 – Montáž převodovek zahrnují měření cca 2 kusů denně, kterým se věnuje na Kontrolním měrovém středisku 30 minut.

$$\text{analýzy} = \frac{\text{čas měření analýz}}{\text{počet půlhodin}} \quad (1.2)$$

$$\text{analýzy} = \frac{30}{41,5}$$

$$\text{analýzy} = 0,72 \text{ min}$$

3) Zahrnutí přejímek

Při přejímce nových strojů se měří cca 80 kusů na jeden stroj. Zde je zahrnuta přejímka 1 stroje za měsíc.

$$\text{přejímky} = \frac{\text{počet měřených kusů} * \text{doba měření}}{\text{počet dnů v měsíci}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.3)$$

$$\text{přejímky} = \frac{80 * 5}{30} / 41,5$$

$$\text{přejímky} = 0,32 \text{ min}$$

4) Zahrnutí vzorkování

Do vzorkování je zahrnuto měření všech ozubení, což je 36 ozubení a měří se 5 kusů každého dílu před i po tepelném zpracování (celkem tedy 10 kusů) během jednoho roku. Při výpočtu je uvažováno 52 týdnů, což je 260 pracovních dnů.

$$\text{vzorkování} = \frac{(\text{celkem ozubení} * \text{počet ks}) * \text{doba měření}}{\text{pracovní dny}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.4)$$

$$\text{vzorkování} = \frac{(36 * 10) * 5}{260} / 41,5$$

$$\text{vzorkování} = 0,17 \text{ min}$$

5) Zahrnutí měření pro technický vývoj „Česana“

Měření zahrnuje 1 garnituru, tedy celý sortiment výroby, v intervalu jednou za 14 dní.

$$\text{Česana} = \frac{\text{celkem ozubení} * \text{doba měření}}{\text{pracovní dny}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.5)$$

$$\text{Česana} = \frac{36 * 5}{10} / 41,5$$

$$\text{Česana} = 0,43 \text{ min}$$

6) Zahrnutí zkoušek taveb, včetně drážkování

Zkoušky taveb se provádí pro díly 1°, 2° řazené, hnací hřídel a pastorek pro měření ozubení i drážkování před a po tepelném zpracování. Doba měření hnací hřídele je 30 min a pastorku 50 min po dvou kusech. Standardní měření 1°, 2° a hnací hřídele trvá 5 min a měří se 4 ks každého dílu.

$$zkoušky\ taveb = \frac{(2 * počet\ ks * doba\ měření) + (2 * počet\ kusů * 80)}{pracovní\ dny} / počet\ půlhodin \quad (1.6)$$

$$zkoušky\ taveb = \frac{(2 * 12 * 5) + (2 * 2 * 80)}{10} / 41,5$$

$$zkoušky\ taveb = 1,06\ min$$

7) Zahrnutí vzorků tepelného zpracování

Sledování vzorků před a po tepelném zpracování zahrnuje 15 ozubení. Zahrnuje každý 1000. kus při produkci 2300 kusů za den.

$$vzorky\ TZ = \frac{počet\ ozubení * doba\ měření * denní\ produkce}{1000 * počet\ půlhodin} \quad (1.7)$$

$$vzorky\ TZ = \frac{15 * 5 * 2300}{1000 * 41,5}$$

$$vzorky\ TZ = 4,16\ min$$

8) Zahrnutí měření vzorových kusů pro CM Digit

Jedná se o odvalovací zkoušku hlučnosti ozubení. Provádí se pro díly s valivým ozubením, což je 12 dílů. Tyto díly jsou zkoušeny 1x měsíčně.

$$CMDigit = \frac{počet\ kusů * doba\ měření}{pracovní\ dny} / počet\ půlhodin \quad (1.8)$$

$$CMDigit = \frac{12 * 5}{20} / 41,5$$

$$CMDigit = 0,07 \text{ min}$$

9) Ostatní zkoušky (pro oddělení VAT,VAP,GQH)

Pro tyto zkoušky je měřeno 5 kusů denně.

$$\text{ostatní zkoušky} = \frac{\text{počet kusů} * \text{doba měření}}{\text{počet půlhodin}} \quad (1.9)$$

$$\text{ostatní zkoušky} = \frac{5 * 5}{41,5}$$

$$\text{ostatní zkoušky} = 0,60 \text{ min}$$

10) Zahrnutí údržby strojů

Údržba strojů probíhá 1x týdně a trvá 30 minut. Měrové středisko pro převodovku MQ200 zahrnuje 3 stroje.

$$\text{údržba strojů} = \frac{\text{doba údržby} * \text{počet strojů}}{\text{pracovní dny}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.10)$$

$$\text{údržba strojů} = \frac{30 * 3}{5} / 41,5$$

$$\text{údržba strojů} = 0,43 \text{ min}$$

11) Zahrnutí měření dílů pro audit

Auditové měření drážkování na dílu objímky, jádra, hnacím hřídeli a pastorku (celkem 17 drážkování) se měří na kontrolním měrovém středisku jednou týdně.

$$\text{audit} = \frac{\text{počet kusů} * \text{doba měření}}{\text{pracovní dny}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.11)$$

$$audit = \frac{17 * 5}{5} / 41,5$$

$$audit = 0,41 \text{ min}$$

12) Zahrnutí dílů se dvěma prvními vzorky pro tepelné zpracování

Zahrnuje měření 1°, 2° a hnací hřídele → 4 ozubení v intervalu 2-3 dny (60 hodin)

$$2 \text{ vzorky TZ} = \frac{\text{počet kusů} * \text{doba měření}}{\text{interval}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.12)$$

$$2 \text{ vzorky TZ} = \frac{4 * 5}{60} / 41,5$$

$$2 \text{ vzorky TZ} = 0,01 \text{ min}$$

13) Zahrnutí měření drážkování

Jedná se o měření drážkování na hnacím hřídeli a pastorku. Celkem tedy o 7 drážkování v intervalu 1x týdně.

$$\text{drážkování} = \frac{\text{počet kusů} * \text{doba měření}}{\text{pracovní dny}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.13)$$

$$\text{drážkování} = \frac{7 * 5}{5} / 41,5$$

$$\text{drážkování} = 0,17 \text{ min}$$

14) Celkový součet Σ

$$\text{celkový součet} = 15,18 \text{ min}$$

Příloha 2

Výpočet časů pro standardní měření mimo KPO pro MQ 100

V čase měření jsou zahrnuty předpokládané následující pravidelné úkony, které jsou spočítány tak, aby tyto úkony mohly být započítány do každodenního měření:

Doba měření 1 kusu je průměrem času měření všech kusů k celkovému počtu kusů, vyplývá z Tab. 5 a je rovna 5,5 minuty.

1) Zahrnutí výměn nástrojů a přeseřízení

V současné době máme 13 dílů, na kterých se měří 20 ozubení, kde průměrná doba výměny nástroje je cca 1x za 16 hodin na jeden stroj (na 1 den = $\frac{4}{3} * 24$ hodin). Jde o menší četnost než u převodovky MQ 200, jelikož stroje pro převodovku MQ 100 jsou universálnější. Měření po výměně nástroje trvá 5,5 minuty. Dle vzorce (1.1):

$$\text{výměna nástrojů} = \frac{20}{42 * \frac{4}{3}} * 5,5 * \frac{30}{20}$$

$$\text{výměna nástrojů} = 5,24 \text{ min}$$

2) Zahrnutí analýz

Analýzy z haly M6 – Montáž převodovek zahrnují měření cca 2 kusů denně, kterým se věnuje na Kontrolním měrovém středisku 30 minut. Dle vztahu (1.2):

$$\text{analýzy} = \frac{30}{42}$$

$$\text{analýzy} = 0,71 \text{ min}$$

3) Zahrnutí přejímek

Při přejímce nových strojů se měří cca 80 kusů na jeden stroj. Zde je zahrnuta přejímka 1 stroje za měsíc. Dosadí se do tvaru (1.3):

$$přejímky = \frac{80 * 5,5}{30} / 42$$

$$přejímky = 0,35 \text{ min}$$

4) Zahrnutí vzorkování

Do vzorkování je zahrnuto měření všech ozubení, což je 20 ozubení a měří se 5 kusů každého dílu před i po tepelném zpracování (celkem tedy 10 kusů) během jednoho roku. Při výpočtu je uvažováno 52 týdnů, což je 260 pracovních dnů. Dle vztahu (1.4):

$$vzorkování = \frac{(20 * 10) * 5,5}{260} / 42$$

$$vzorkování = 0,10 \text{ min}$$

5) Zahrnutí měření pro technický vývoj Česana

Měření zahrnuje 1 garnituru, tedy celý sortiment výroby, v intervalu jednou za 14 dní. Platí vzorec (1.5):

$$Česana = \frac{20 * 5,5}{10} / 42$$

$$Česana = 0,26 \text{ min}$$

6) Zahrnutí zkoušek taveb, včetně drážkování

Pro nový typ převodovky MQ100 zatím nelze určit interval a počet měřených kusů. Tato hodnota je tedy převzata z výpočtu dle vztahu (1.6) pro převodovku MQ200, s tím, že platí měření místo 7 drážkování pouze 4 drážkování.

$$zkoušky \text{ taveb} = \frac{(2 * 12 * 5,5) + (2 * 2 * 80) * \frac{4}{7}}{10} / 42$$

zkoušky taveb = 0,75 min

7) Zahrnutí vzorků tepelného zpracování

Sledování vzorků před a po tepelném zpracování bude prováděno jen u dílů s operací ševingování a frézování na čisto. Jedná se o 5 díly. Tedy měření 5 ks před a 5 ks po tepelném zpracování. Plán denní produkce je 1000 ks a měří se právě každý tisící kus.

$$\text{vzorky TZ} = \frac{\text{počet kusů} * \text{doba měření}}{\text{počet půlhodin}} * \frac{1000}{1000} \quad (1.14)$$

$$\text{vzorky TZ} = \frac{10 * 5,5}{42}$$

$$\text{vzorky TZ} = 1,31 \text{ min}$$

8) Zahrnutí vzorků po operaci broušení a honování

Jde o měření prvního kusu z nové tavby 1x za týden. Honováno a broušeno je 15 dílů.

$$\text{broušení, honování} = \frac{\text{počet kusů} * \text{doba měření}}{\text{pracovní dny}} / \text{počet půlhodin} \quad (1.15)$$

$$\text{broušení, honování} = \frac{15 * 5,5}{5} / 42$$

$$\text{broušení, honování} = 0,39 \text{ min}$$

9) Zahrnutí měření vzorových kusů pro Linnenbrink

Jedná se o odvalovací zkoušku hlučnosti ozubení. Provádí se pro díly zpátečky na hřídeli, zpátečky, 3°, 4° a 5° řazených kol. Tyto díly jsou zkoušeny 1x měsíčně. Podle vzorce (1.8):

$$\text{Linnenbrink} = \frac{5 * 5,5}{20} / 42$$

$$\text{Linnenbrink} = 0,03 \text{ min}$$

10) Ostatní zkoušky (pro oddělení VAT,VAP,GQH)

Pro tyto zkoušky je měřeno 5 kusů denně. Dle vzorce (1.9):

$$\text{ostatní zkoušky} = \frac{5 * 5,5}{42}$$

$$\text{ostatní zkoušky} = 0,65 \text{ min}$$

11) Zahrnutí údržby strojů

Údržba strojů probíhá 1x týdně a trvá 30 minut. Měrové středisko pro převodovku MQ100 zahrnuje 2 stroje. Podle vztahu (1.10):

$$\text{údržba strojů} = \frac{30 * 2}{5} / 42$$

$$\text{údržba strojů} = 0,29 \text{ min}$$

12) Zahrnutí měření dílů pro audit

Auditové měření drážkování na dílu objímky, jádra, hnacím hřídeli a pastorku (celkem 11 drážkování) se měří na kontrolním měrovém středisku jednou týdně. Dle vztahu (1.11):

$$\text{audit} = \frac{11 * 5,5}{5} / 42$$

$$\text{audit} = 0,29 \text{ min}$$

13) Zahrnutí měření drážkování

Jedná se o měření drážkování na hnacím hřídeli a pastorku. Celkem tedy o 4 drážkování v intervalu 1x týdně. Podle tvaru (1.13):

$$\text{drážkování} = \frac{4 * 5,5}{5} / 42$$

$$\text{drážkování} = 0,10 \text{ min}$$

14) Celkový součet Σ

$$\text{celkový součet} = 10,48 \text{ min}$$